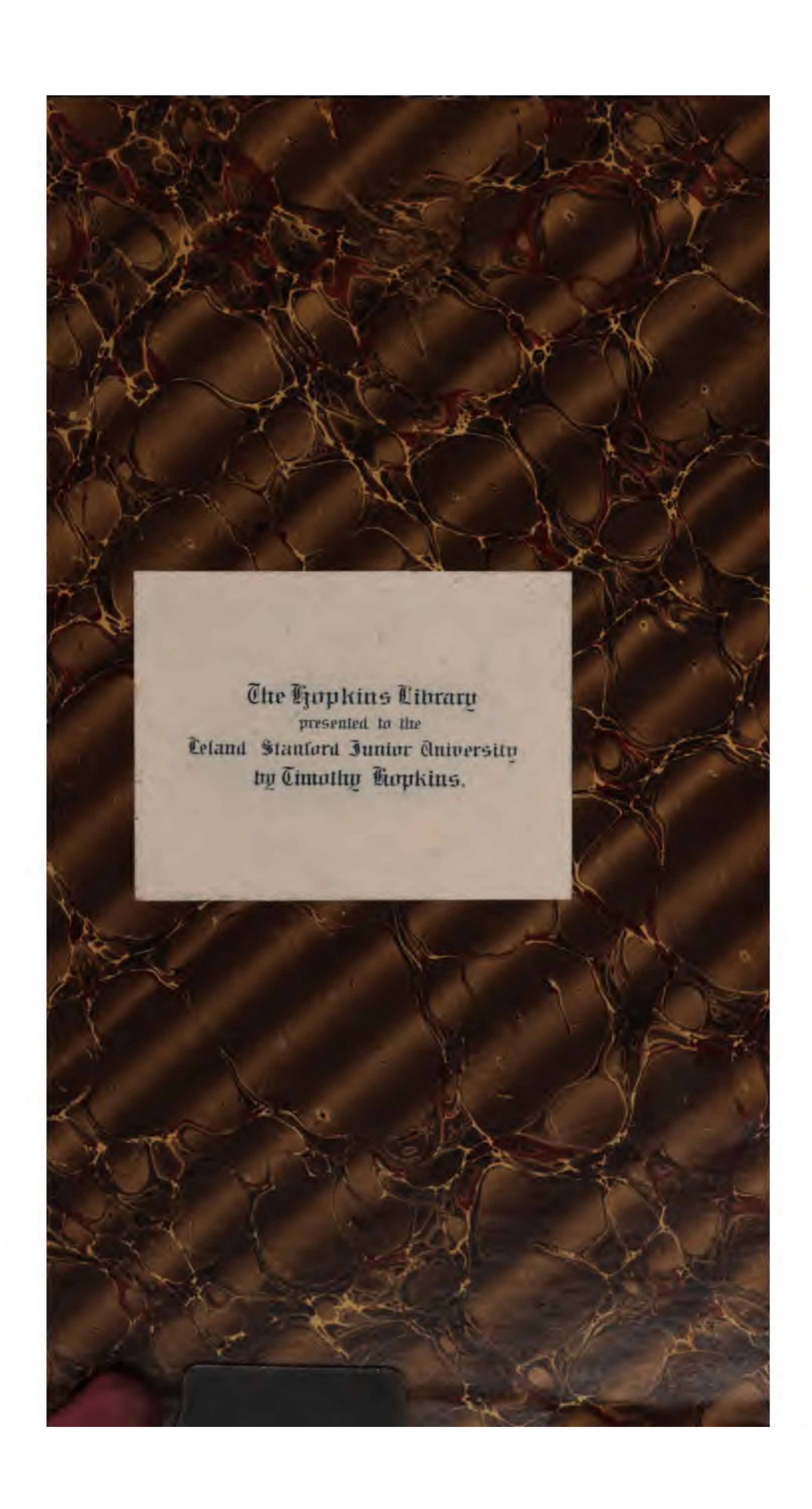
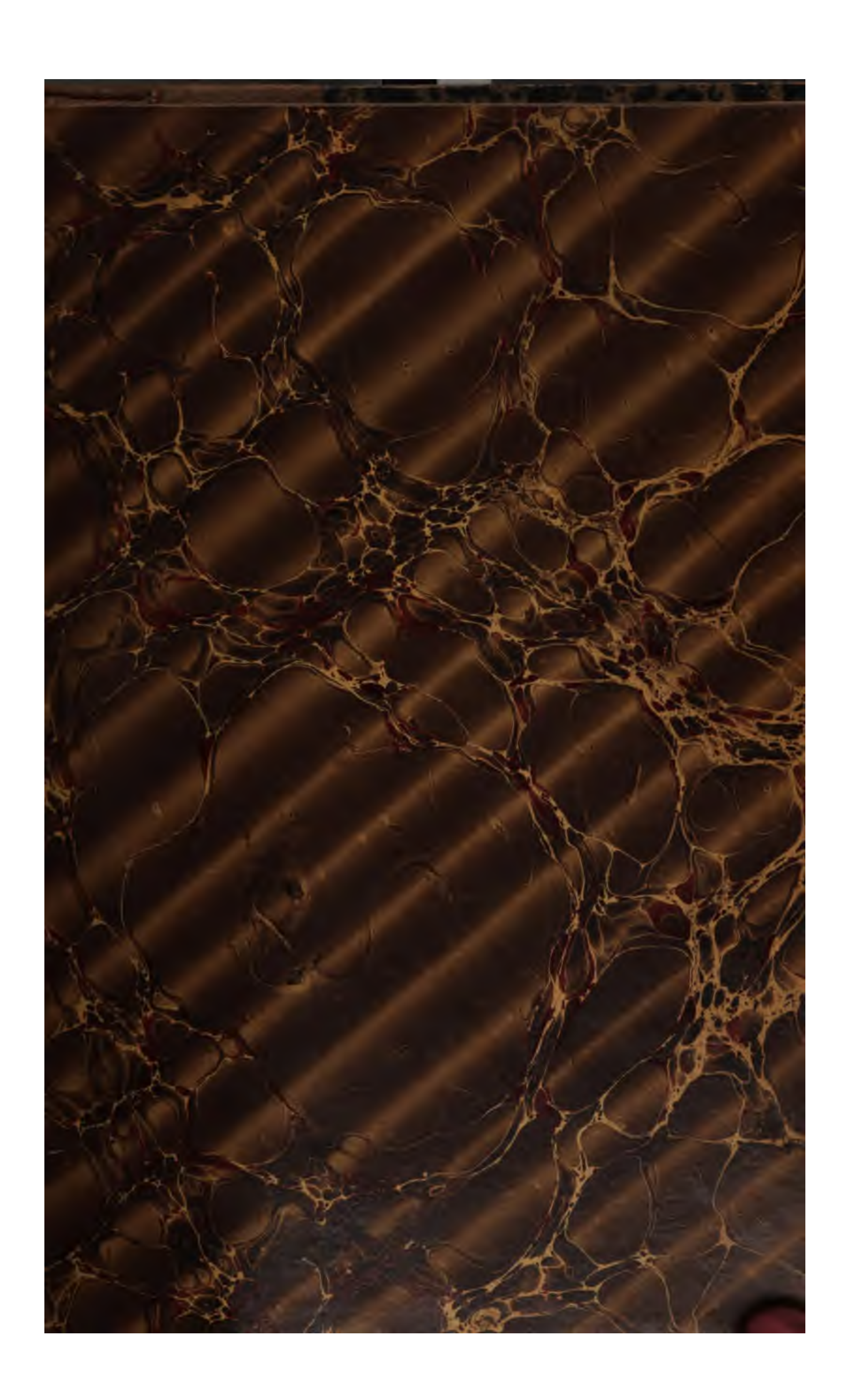
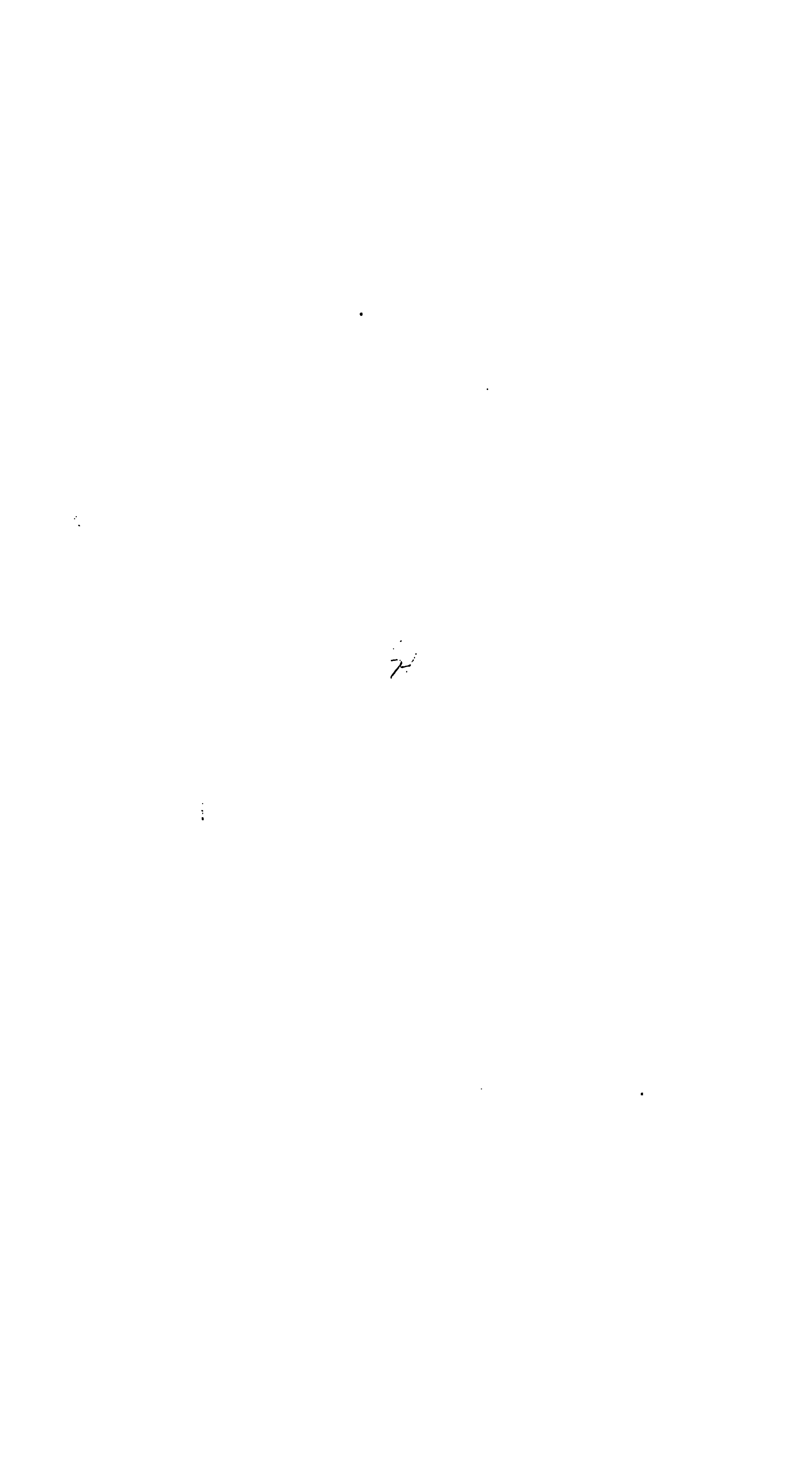

LIBRARY OF THE
Leland Stanford Junior University


The Hopkins Library
presented to the
Leland Stanford Junior University
by Timothy Hopkins.





LE

MÉCANICIEN

DE

CHEMINS DE FER

Paris. — Imp. E. BERNARD et Cie, 71, rue Lacondamine.

LE

MÉCANICIEN

DE

CHEMINS DE FER

PAR

ÉMILE WITH

INGÉNIEUR CIVIL



PARIS

E. BERNARD & Cie, IMPRIMEURS-ÉDITEURS

71, RUE LACONDAMINE, 71

—

1885



PRÉFACE

I

Dans les premiers chemins de fer, les fonctions de conducteur de locomotives, ou machiniste, ou mécanicien, étaient remplies par des serruriers ou des contremaîtres dans des fabriques de machines, et que les ingénieurs avaient mis au courant de leur travail. Aujourd'hui on recrute les mécaniciens parmi les ouvriers des ateliers de construction ou de réparation, en leur imposant un apprentissage comme chauffeurs. Au préalable, ils doivent connaître l'emploi de toutes les pièces dont se compose une locomotive, ainsi que la manière de les ajuster. C'est ensuite sur la machine même qu'ils peuvent les étudier dans l'ensemble de leur fonctionnement.

Mais cet enseignement spécial ne suffit pas au mécanicien pour conduire une locomotive. Il faut qu'il connaisse aussi le terrain sur lequel il doit opérer, c'est-à-dire la voie, les pentes et rampes, les déblais et remblais, les ouvrages d'art, les passages à niveau, la superstructure comprenant le ballast, les traverses,

les rails avec leurs attaches et leurs aiguilles ; puis l'organisation des gares avec les plaques tournantes et les chariots transbordeurs, les stations d'eau et surtout les signaux. Il faut également qu'il puisse se rendre un compte exact de tous les détails des voitures et wagons, car en cas d'accident le personnel du train — chefs et conducteurs — s'adresse à lui comme seul agent technique capable d'indiquer les manœuvres à faire pour sauvegarder un convoi en détresse.

Il est donc indispensable qu'il soit un homme instruit.

II

Nous sommes loin du temps où un des plus éminents ingénieurs de l'Angleterre a déclaré, devant le Parlement, — à propos d'une enquête sur l'exploitation des chemins de fer, — « qu'entre deux mécaniciens il choisirait celui qui ne sait pas lire ».

Le blâme n'a pas manqué à ces paroles. L'idée de cet ingénieur a dû être que le mécanicien qui lit pense à ce qu'il a lu, tandis qu'il ne doit penser qu'à sa locomotive. La conséquence logique serait de réduire l'homme à l'état de machine ; mais, en ce cas, il deviendrait inutile : on aurait le mécanicien automate qui, au moyen de mouvements d'horlogerie commandés par l'électricité, ouvrirait et fermerait la vapeur, et ferait marcher ou arrêterait sa locomotive, à un instant donné. Au point de vue de l'application, ce serait une absurdité.

La nécessité absolue d'instruire le mécanicien a donc dû s'imposer ; cependant on était allé trop loin : les écoles de

machinistes n'ont pas réussi, car à la théorie il faut joindre la pratique, et on y a renoncé; on a établi des conférences obligatoires qui, par le seul fait de l'obligation, n'ont pas réussi non plus: on y a renoncé, mais on a eu tort. Il aurait fallu persévérer en prenant, pour arriver au but, une autre route: celle du perfectionnement

A-t-on renoncé aux chemins de fer, parce qu'ils n'ont pas donné tout de suite des voitures-restaurants et des vitesses vertigineuses ? A-t-on renoncé aux bateaux à vapeur qui n'ont pas offert d'emblée une salle de lecture et un concert pendant le dîner à table d'hôte? Non. Peu à peu on a perfectionné ce mode de transport, et on est arrivé sinon au terme final, mais du moins bien près. Suivons alors cet errement; perfectionnons à notre tour les méthodes d'instruction, et prouvons par un exemple cette nécessité que nous avions annoncée.

Les fabricants de machines ne veulent plus s'occuper des inventions destinées à empêcher les mécaniciens de surcharger les soupapes et les mineurs d'ouvrir les lampes de sûreté ; le talent des uns est dépassé par la malice des autres. Ni règlements, ni menaces, ni punitions, ni révocations, ni aucun moyen coercitif ne sont efficaces, et les journaux continuent à nous apporter trop souvent, hélas! les récits d'épouvantables catastrophes d'explosions de chaudières ou de grisou causées — la plupart du temps — par la surcharge des soupapes et par le crochetage des lampes; surcharge et crochetage sont la conséquence fatale, inévitable, de l'ignorance.

III

Si le mécanicien et le chauffeur ne veulent pas aller à l'école spéciale ou à la conférence, s'ils ne veulent pas lire des ouvrages techniques, — ce que du reste je ne crois pas, — enfin, si la montagne ne veut pas venir vers vous, allez vers la montagne. Allez vers le mécanicien et le chauffeur, serrez leur main loyale, quelque tachée qu'elle soit par la graisse ou le charbon, — elle vaut bien la vôtre. Faites-leur comprendre la supériorité de l'homme instruit, quelque faible ou quelque pauvre qu'il soit, sur l'homme ignorant, quelque fort ou quelque riche qu'il soit; dites-leur qu'un enfant avec ses livres d'écolier sous le bras prime Hercule avec sa massue sur l'épaule. Parlez-leur de Stephenson le Grand, qui, ayant saisi les avantages de l'instruction, a appris à dix-huit ans... à lire et à écrire!

Et quand nos amis communs seront bien pénétrés de la pensée généreuse qui doit vous guider dans la tâche d'élever votre semblable à votre hauteur, expliquez-leur la science de leur métier et surtout les phénomènes si curieux, si attrayants de la nature qui les touchent de près, tels que la formation de la vapeur, cette puissance si docile quand un homme instruit la dirige, et si terrible quand un ignorant veut la manier. Pour leur inspirer le goût de l'étude, lisez-leur quelques pages d'un livre quelconque sur la physique ou la mécanique, ou de celui que vous tenez en ce moment, car c'est aussi dans cette intention qu'il a été écrit.

Il n'est pas le seul.

IV

Il y a trente ans que le *Guide du mécanicien de locomotives* a été publié. Citer les noms de ses auteurs, c'est constater la valeur de ce travail classique : Eugène Flachat, le créateur de la profession d'ingénieur civil en France; Le Châtelier, qui nous a fait connaître les chemins de fer de l'Allemagne; Polonceau, fils de l'inventeur des ponts métalliques en arches, qui a conduit les locomotives sur le chemin de Strasbourg à Mulhouse. Mais cet ouvrage, comme beaucoup d'autres parus depuis cette époque, est destiné aux ingénieurs et aux constructeurs à qui il fait connaître dans ses plus petits détails les divers systèmes de locomotives; il ne s'adresse pas, malgré son titre, aux mécaniciens. Ceux-ci ne sont pas appelés à discuter des questions scientifiques; il leur faut des règles fixes, des données d'expérience qui ne laissent pas d'incertitude dans l'esprit.

Il y a donc là une lacune que nous avons cherché à combler par notre petit livre populaire, dans lequel nous nous sommes borné à des exposés simples et accompagnés, non pas de dessins de construction, mais d'images apparaissant au moment de la démonstration, de manière à ne pas fatiguer l'attention du lecteur par le renvoi à des planches séparées.

L'Auteur.

LE

MÉCANICIEN

DE

CHEMINS DE FER

CHAPITRE PREMIER

La construction de la chaudière de locomotive.

La chaudière d'une locomotive se compose de diverses parties qui sont appelées : le corps cylindrique avec ses tubes bouilleurs et surmonté du dôme de prise de vapeur ; le foyer avec la boîte à feu qui l'enveloppe ; la boîte à fumée avec la cheminée ; enfin les organes de distribution de la vapeur.

En décrivant ces diverses parties, nous sommes obligé d'employer quelquefois des termes techniques qui ne seront expliqués qu'ultérieurement. Il faut les supposer connus, ce qui n'entraînera pas de difficultés, si l'on veut bien s'en référer aux paroles suivantes de l'illustre François Arago, le savant populaire : « Au lieu de m'obstiner à « comprendre du premier coup les propositions qui se présentaient, « j'admettais volontiers leur vérité, je passais outre, et j'étais fort « surpris le lendemain de comprendre parfaitement ce qui la veille « me paraissait entouré d'épais nuages. »

§ 1. — LE CORPS CYLINDRIQUE DE LA CHAUDIÈRE DE LOCOMOTIVE.

Les locomotives qui, sous un petit volume, ont cependant une puissance énorme, doivent offrir une grande force de résistance à la pression de la vapeur. On emploie, pour leur construction, généralement le fer ; on abandonne l'acier essayé dans ces dernières années, moins à cause de son prix élevé que du manque de garantie de son homogénéité. Il est vrai que sa surface étant plus polie que celle du fer, les incrustations s'y attachent moins ; d'un autre côté, il résiste moins que le fer à la rouille. — Quant à la fonte, sa faible résistance exige une grande épaisseur qui rendrait la chaudière trop lourde. Du reste la question est tranchée ; l'emploi de ce métal est défendu aujourd'hui, à cause des chances d'explosion qu'il présente.

Formation de la chaudière. — La chaudière est composée de plaques rivées ; elles ont la forme cylindrique, qui offre la plus forte résistance dans le sens transversal.

Les dimensions de la chaudière et par conséquent son poids, qui ne devraient dépendre que de la quantité de vapeur à produire, sont limitées indirectement : par la résistance des rails dont la charge ou pression d'une roue ne doit pas excéder 7,000 kilogrammes ; ensuite par la largeur de la voie et la hauteur des tunnels. La cheminée d'une locomotive ne peut donc pas dépasser $4^{m},50$ au-dessus du rail. Au chemin de fer du Nord, où il a fallu avoir des chaudières de très grand diamètre, on a recourbé la cheminée pour la faire passer horizontalement sur la tête du mécanicien ; mais c'était là une circonstance exceptionnelle.

La longueur de la chaudière est déterminée par l'écartement des essieux extrêmes que commandent les courbes du chemin de fer. En outre, si la chaudière était trop longue, la chaleur n'arriverait plus au bout ; le courant d'air nécessaire à la combustion diminuerait en raison de l'augmentation de la résistance de frottement des gaz dans les tubes, et des dépôts qui s'y forment.

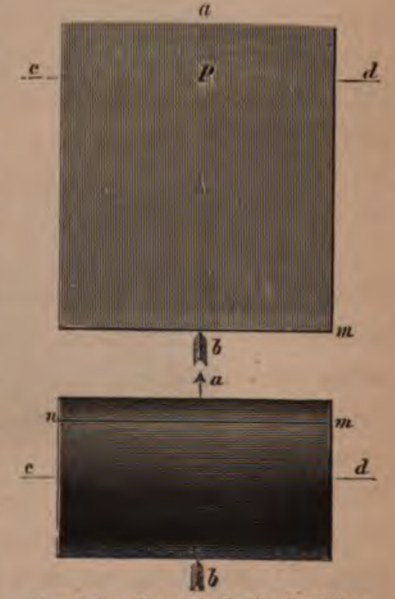
L'épaisseur de la paroi de la chaudière doit croître avec la tension de la vapeur et le diamètre; on ne dépasse guère 18 millimètres, attendu qu'au delà il peut se former dans les plaques des défauts qui échappent à l'examen. Cette dimension s'est montrée suffisante dans les pressions de 10 atmosphères.

Le nombre des plaques dont se compose une chaudière dépend de sa forme et de sa grandeur. Les trous des rivets doivent être forés et non pas percés par une machine; deux trous opposés doivent avoir exactement le même calibre. Les rivets sont placés à chaud.



Chaudière de construction ancienne.

Cette chaudière, d'ancienne construction, est formée de quatre plaques avec un rang de rivets longitudinal d'après la ligne *nm*; il n'y a pas de rivets en travers. Aujourd'hui on n'emploie presque plus de plaques longitudinales. — L'expérience prouve qu'une plaque P offre une plus grande résistance dans le sens *ab* — celui du laminage — que dans le sens *cd*. Mais comme les laminoirs ne sont pas assez larges pour produire une plaque de la longueur d'une chaudière, il faut composer celle-ci de plusieurs morceaux appelés des viroles.



Formation d'une partie de chaudière d'après le sens de la plus grande résistance.





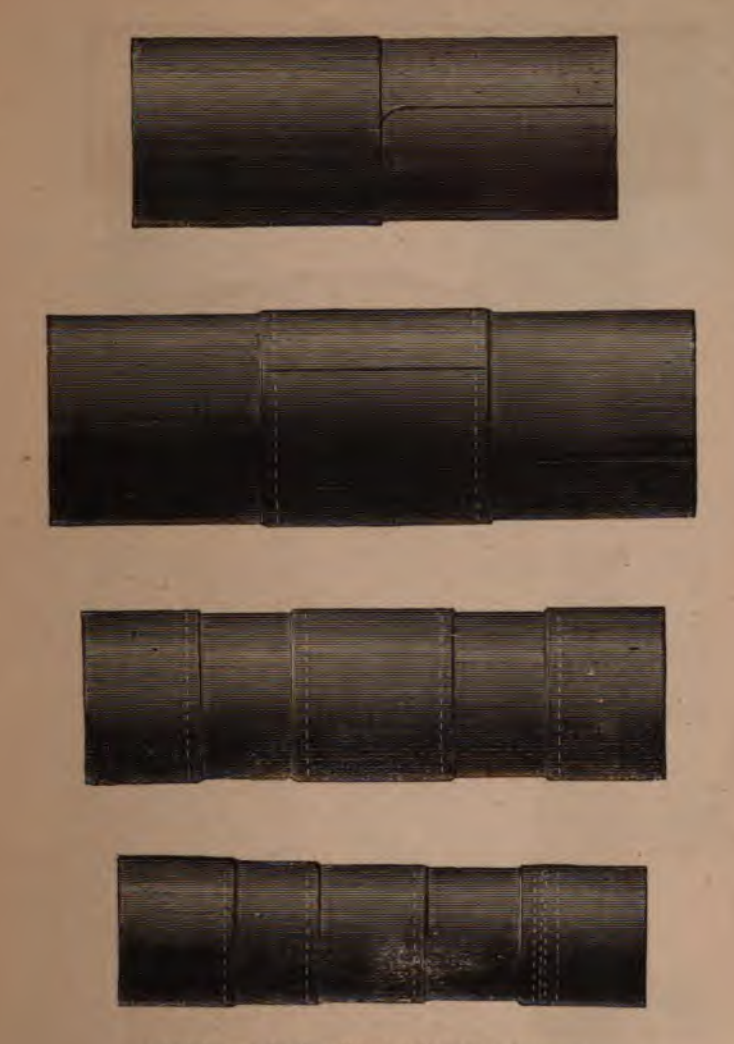
Chaudière de construction moderne.

Dans les chaudières de construction moderne, les joints transversaux ont une double rangée de rivets; les divers tubes sont placés



Chaudière à diamètre égal.

l'un contre l'autre et reliés au moyen d'un anneau en fer; ils ont alors le même diamètre. Dans d'autres chaudières, ces tubes ou viroles sont fourrés l'un dans l'autre comme dans une lorgnette.



Spécimens de chaudières à diamètres inégaux.

Dôme de prise de vapeur. — Pour augmenter la capacité de la chaudière, on la surmonte d'un cylindre de 1 mètre de hauteur, appelé dôme de prise de vapeur, où la vapeur se repose, se sèche en laissant tomber l'eau qu'elle a entraînée pendant l'ébullition. Il comprend les deux parties A et B. Sur la chaudière *bb* est rivée la partie

ıférieure du dôme et sur celle-ci est fixée la partie B au moyen d'une érie de boulons. Pour renforcer l'ouverture percée dans la chaudière,

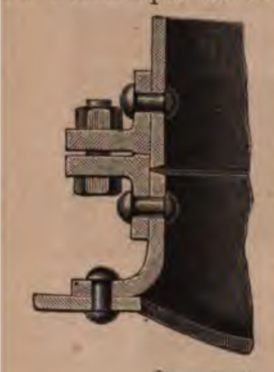


Dôme de prise de vapeur attaché par ses rebords à la chaudière.



Dôme de vapeur attaché par un anneau à cornière à la chaudière.

n y met en dessus ou en dessous un anneau en fer plat *c*. La fermeıre hermétique de ces deux parties offre quelques difficultés. On peut les vaincre par l'emploi d'un mastic composé de litharge et d'huile de lin. Il ne faut pas négliger de serrer les boulons, car la vapeur peut fuir au point de faire arrêter la machine. — Un autre mode de fermeture des joints est indiqué par les dessins ci-contre. On y voit qu'on n'a qu'à serrer les boulons pour obtenir une fermeture aussi parfaite que possible, surtout par l'interposition d'un fil de cuivre entre les deux cornières (seconde figure).





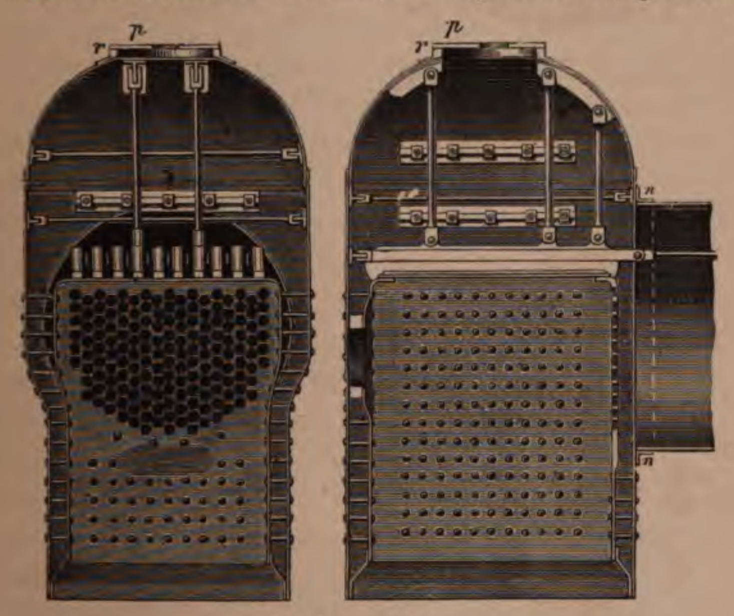
Mode de fermeture des joints du dôme de vapeur.

Quelque bien appliqué qu'il soit, le dôme affaiblit la chaudière et n'augmente pas d'une manière sensible la chambre ou l'espace dans lequel la vapeur se forme, et qui doit être d'un cinquième de la capacité totale de la chaudière. En résumé, il n'est pas indispensable, et beaucoup d'ingénieurs en disent du mal tout en l'employant ; ils en emploient ıême deux : un grand, où débouche le tuyau de prise ou admission de

vapeur, et un petit, destiné spécialement au régulateur. Nous nous occuperons à la fin de ce chapitre de ces organes, qu'on pourrait appeler essentiels, si toutes les pièces de la locomotive n'étaient pas essentielles.

§ 2. — LE FOYER ET LA BOITE A FEU DE LA LOCOMOTIVE.

Le foyer est une caisse rectangulaire ou demi-circulaire, destinée à recevoir la grille; il est enveloppé d'une autre caisse — la boîte à feu — à 10 centimètres de distance; cet espace est rempli d'eau qui



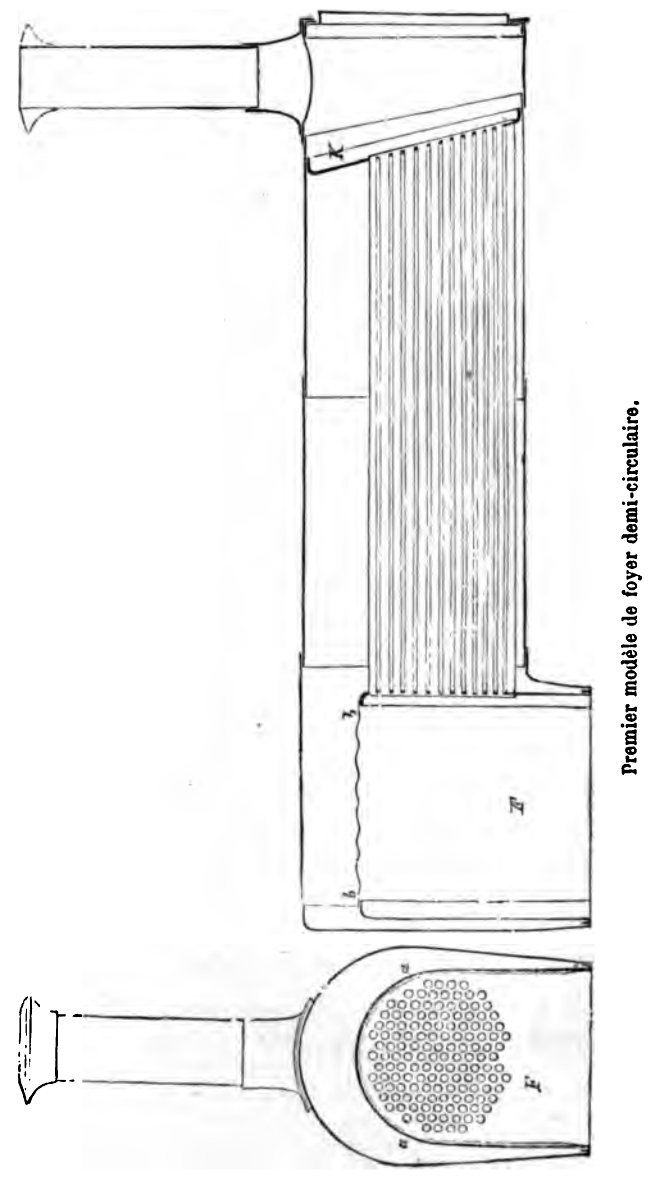
Foyer rectangulaire.

se transforme rapidement en vapeur. Le foyer dépasse la hauteur de la chaudière, afin d'augmenter la capacité de la vapeur.

Le foyer sur nos lignes est généralement en cuivre rouge; le fer forgé et l'acier n'ont pas réussi; ils conduisent moins bien la chaleur et sont rapidement détruits par le soufre contenu dans les houilles. Cependant en Amérique, où l'acier est plus cher que le cuivre, on ne rencontre presque jamais ce dernier métal.

Foyer rectangulaire. — On voit sur le dessin la liaison de la boîte

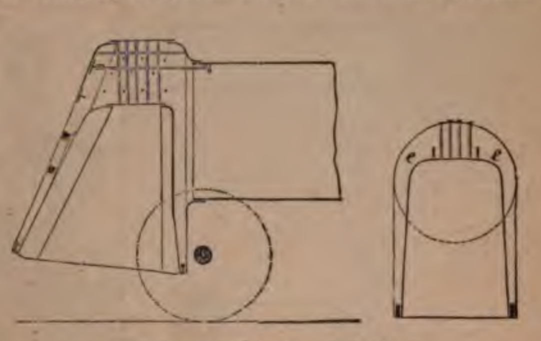
à feu avec le corps cylindrique par l'anneau à cornière *nn* (à droite). Aux points *r* et *p* se trouve l'enveloppe des soupapes.



Premier modèle de foyer demi-circulaire.

Foyer demi-circulaire. — Cette forme a pour but, en augmentant la courbure de la boîte F, de diminuer le nombre des entretoises.

Dans le modèle ci-contre on les a même omises. Cette boîte *aa* en tôle ondulée *bb* peut supporter une pression de 20 atmosphères. Le ciel est facile à visiter ; par contre, le cercle enlève les coins et diminue ainsi la place des tubes dont le nombre maximum est réduit à 140. En étudiant le dessin, on voit que la plaque tubulaire K à l'avant est inclinée. Cette inclinaison facilite la sortie des gaz par chaque rangée de tubes.



Second modèle de foyer circulaire.

La rangée supérieure ne gêne plus la rangée inférieure et le tirage est ainsi augmenté ; mais, d'un autre côté, chaque rangée a une longueur différente, ce qui n'est pas commode et ce qui prouve une fois de plus qu'en mécanique souvent un avantage est contrebalancé par un inconvénient.

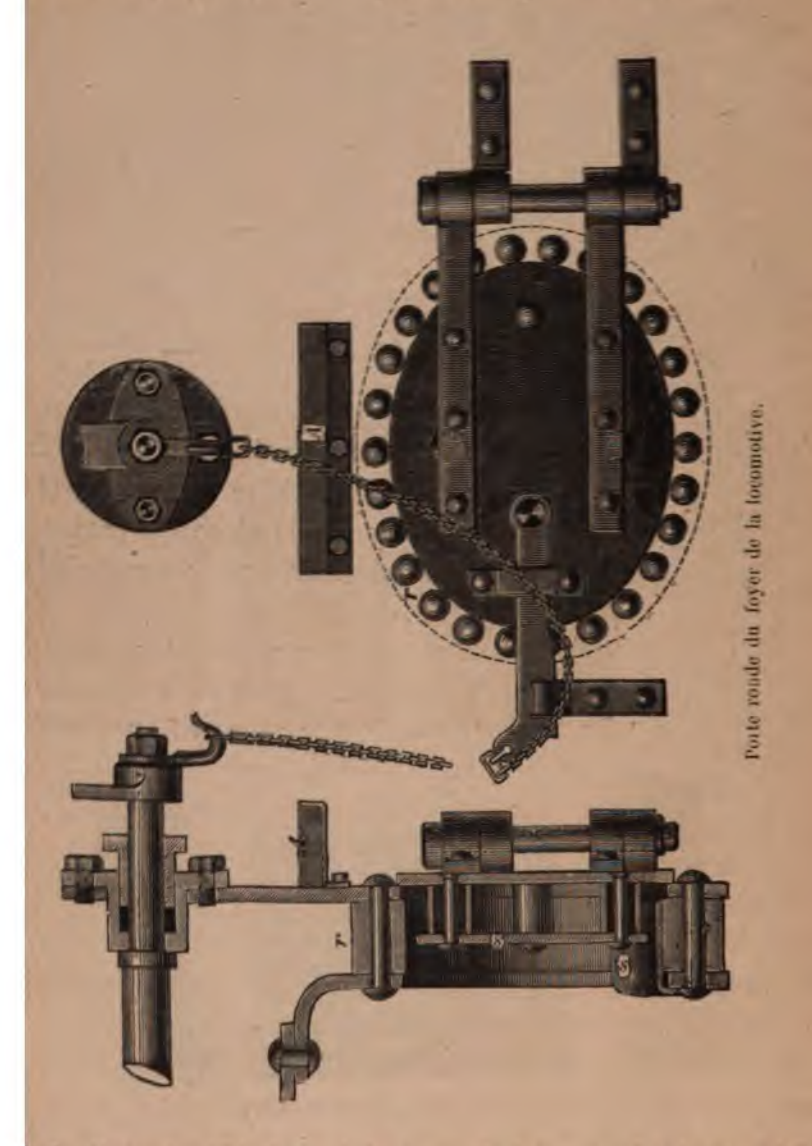
Dans le second spécimen, le constructeur a diminué le nombre des armatures habituelles et par conséquent le poids de la chaudière ; en surhaussant la boîte, il a agrandi l'espace pour la formation de la



Jonction des parois planes du foyer.

vapeur. Mais la surface de chauffe se trouve réduite, — car il y a moins de tubes, — l'inclinaison de la paroi d'arrière rend plus difficile le chargement du combustible, enfin les coins *ee* ne sont pas assez conso-

s. Ce sont là des détails qu'il faut mûrement peser avant d'adop-
ce modèle; aussi nous ne le présentons qu'à titre d'étude.

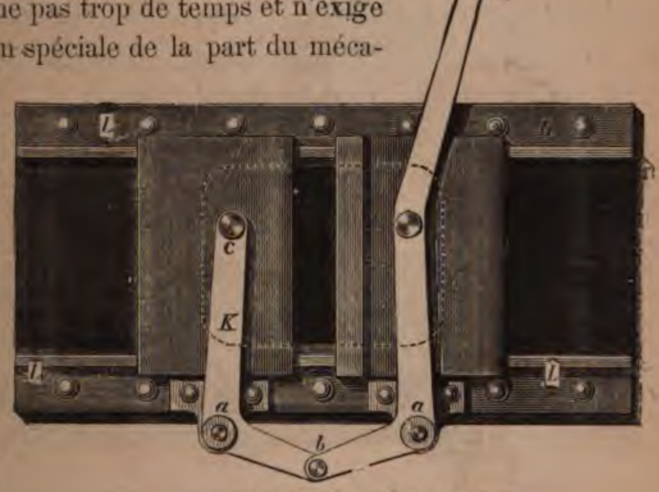


Porte ronde du foyer de la locomotive.

'ode d'attache de la boite à feu avec le foyer. — La liaison de la e à feu avec le foyer est obtenue par le cadre *r* qui est souvent ›rimé, et les deux parois (voir la page précédente) sont réunies en

pointe ; ce dernier mode a l'inconvénient de ramasser les incrustations ; il n'est plus souvent employé.

Porte du foyer de la locomotive. — Les parois du foyer sont percées d'une ouverture entourée d'un anneau *rr* en fer forge, renforcé en bas d'une bande en tôle *b* pour ménager les bords de l'ouverture quand le chauffeur y introduit ses outils à travailler le feu. Pour que l'air froid n'entre pas pendant le chargement du combustible, le mécanicien tient la porte fermée aussi longtemps que le chauffeur charge sa pelle. Mais, pour que cette fermeture ne prenne pas trop de temps et n'exige pas une attention spéciale de la part du mécanicien, la porte est légèrement inclinée afin qu'elle se ferme d'elle-même dès que la chaîne est lâchée.

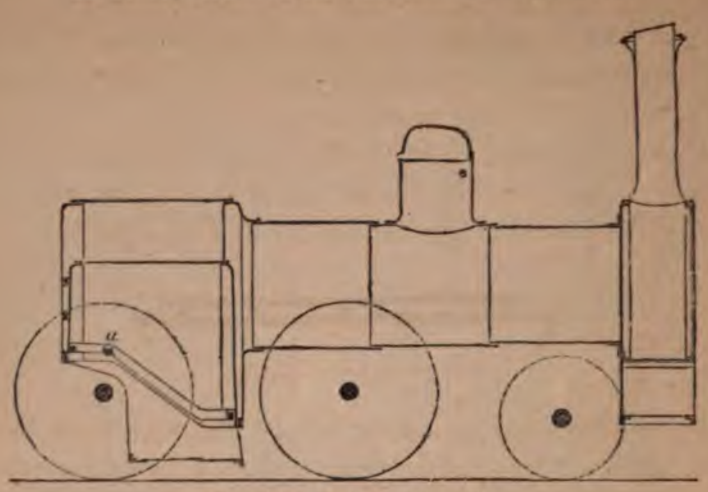


Porte rectangulaire du foyer de la locomotive.

H, manette des deux leviers coudés K ; *aa*, leurs points fixes de rotation ; *b*, point de liaison des leviers ; LL, guides des portes qui sont suspendues en haut ; elles sont libres en bas afin que des morceaux de houille se trouvant sur les guides ne puissent pas empêcher le mouvement et par cela donner lieu à des avaries.

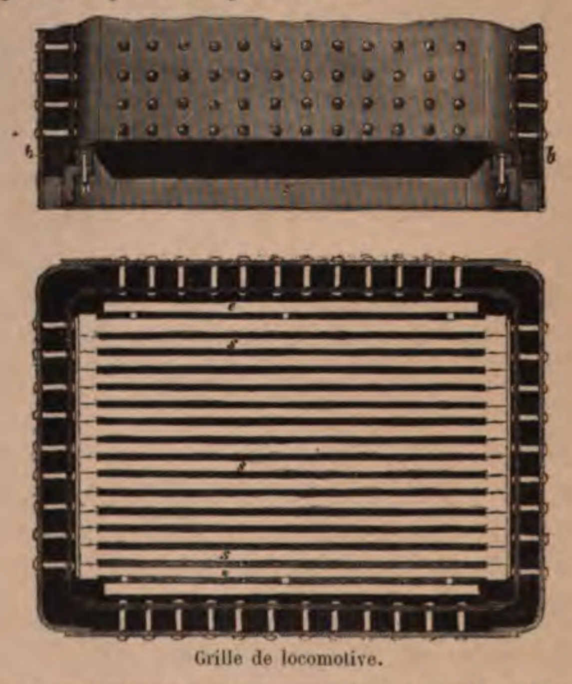
Cette porte a une seconde porte de garantie, *s*, qui empêche la chaleur de se propager à la porte extérieure. La porte est ouverte rapidement et fermée de même au moyen de la chaîne K. Au-dessus se trouve une petite caisse A destinée à la burette.

Il y a aussi des portes rectangulaires à coulisses ; elles ont l'avantage, en s'ouvrant des deux côtés, et seulement un peu, de laisser voir la flamme et de l'activer en y passant les outils, tandis que les portes rondes, devant être ouvertes en entier, font entrer plus d'air froid. Les portes à coulisse ne sont presque plus en usage



Disposition générale de la grille.

Grille de locomotive. — La grille est inclinée avec appui au point *a*. Il y a beaucoup de grilles qui peuvent basculer pour qu'en cas de danger on puisse rapidement jeter le feu.



Grille de locomotive.

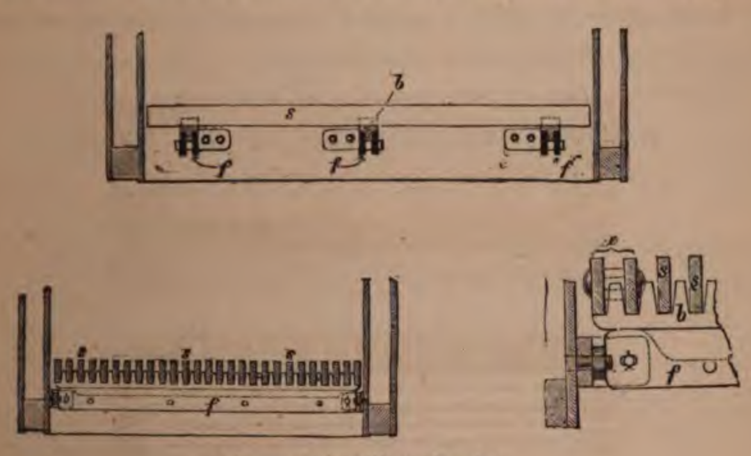
bb, supports de la grille reposant sur les boulons *nn*, où s'appuient les barreaux de grille *ss*

Les barreaux de la grille sont plus ou moins espacés suivant la grosseur et la qualité du charbon de terre. Si le foyer est très long, il faut soutenir les barreaux vers le milieu, afin qu'ils ne ploient pas sous le poids du combustible. Comme les barreaux extrêmes ne peuvent pas être assez poussés vers les parois de côté, on emploie des barres de coin *ss* pour que le combustible ne tombe pas.



Barreaux de coin de la grille.

La figure ci-dessous indique une autre disposition des barreaux fabriqués avec des fers plats. Chaque support de grille se compose de deux fers plats *f* entre lesquels se trouve le vrai support *b* des barres de grille *ss*. Les barreaux extrêmes sont reliés par des rivets au point *c*



Barreaux de grille en fer plat.

(figure à droite). Cette disposition offre l'avantage d'un entretien facile des barreaux, mais elle a l'inconvénient de les faire coller avec les supports, ce qui rend difficile l'enlèvement de la grille en cas de réparation et en occasionne l'usure rapide.

Les barreaux sont en fer forgé ; on employait autrefois des barreaux en fonte, qui cassaient trop facilement.

Pour ne pas brûler la grille, les ingénieurs américains emploient

comme barreaux des tubes en fonte dans lesquels circule l'eau. C'est aussi aux États-Unis qu'on a des grilles à secousse, dont le nom indique déjà l'usage. Le mécanicien, par une pédale, secoue la grille pour activer le feu et faire tomber les scories. Ces deux inventions n'ont pas encore traversé l'océan Atlantique.

Les barreaux de grille n'ont pas toujours la même longueur ; s'il arrive qu'un de ces barreaux est trop court ou se déforme, il tombe dans le cendrier et, en laissant passer des charbons incandescents, peut occasionner des incendies. Dans ce cas, le mécanicien jette par la porte du foyer un barreau neuf que le chauffeur saisit avec sa pince et place à l'endroit voulu. (Voir les outils à la fin de ce §.)

La grandeur de la surface de la grille dépend de la quantité du combustible qu'elle doit recevoir. Cette quantité, à son tour, dépend de celle de la chaleur ou de la vapeur qu'elle doit produire. Pour la houille en gros morceaux, la couche en doit être plus épaisse que pour la menue houille. Il y a là encore d'autres détails à prendre en considération ; plus les barres sont espacées, plus l'air pénètre dans le foyer, mais aussi plus de combustible non brûlé tombe dans le cendrier, et y produit un encombrement inutile.

Grilles fumivores ou appareils fumivores. — Dans tous les pays du monde, les règlements de police ordonnent de brûler la fumée des locomotives. Mais comme l'administration supérieure n'a pas encore pu indiquer des moyens pratiques d'atteindre ce but, ses ordonnances sont restées lettre morte, et les Compagnies continuent à lancer des nuages de fumée dans l'air et sur les voyageurs. Le public ne s'en plaint pas trop ; bien au contraire, il semble se complaire dans la pensée qu'il a ainsi le droit de médire de l'autorité en général, et de l'exploitation des chemins de fer en particulier.

Les inventeurs se sont emparés de cette question qui formerait l'objet d'une bibliothèque si l'on voulait donner les plans et dessins de tous les appareils fumivores, les procès-verbaux des expériences faites sur chacun d'eux, les rapports officiels et particuliers sur les résultats obtenus ou non obtenus, enfin sur toute cette procédure

volumineuse dont nous dégagerons quelques points plus ou moins élucidés et qui resteront encore longtemps en discussion.

D'abord, pour n'avoir pas de fumée, on a employé le coke. Mais le coke coûte trop cher, quoique 2 kilogrammes de coke fassent le même effet que 3 kilogrammes de houille, et, pour une raison ou une autre, il n'y en a jamais eu en quantité suffisante pour assurer le service. Autrefois on disait que le coke était moins nuisible pour les chaudières que la houille; puis une réaction s'est produite dans la manière de voir de MM. les ingénieurs de la traction, qui actuellement préfèrent la houille, malgré le soufre qu'elle contient.

Quant aux appareils fumivores, — dont l'idéal serait une disposition qui empêcherait la fumée de se former, — ils compliquent tous la machine déjà assez compliquée en elle-même; ils sont encombrants et occasionnent des dépenses dont l'utilité a toujours été discutée. Mais comme, avec les houilles à longue flamme, les fumivores sont un mal nécessaire, nous allons en définir le principe et en donner une nomenclature succincte.

Le principe est très simple : il s'agit de faire subir une espèce de distillation à la houille fraîchement chargée en la mettant en contact avec la houille incandescente.

Les grilles inclinées ou grilles à gradins sont destinées à faire l'office de cornues; au fur et à mesure que la houille d'en bas disparaît, la houille d'en haut la remplace en descendant sur la grille comme sur les marches d'un escalier. L'auvent est une plaque en tôle placée au-dessus de la porte à l'intérieur du foyer et destinée à rabattre l'air obliquement sur le combustible.

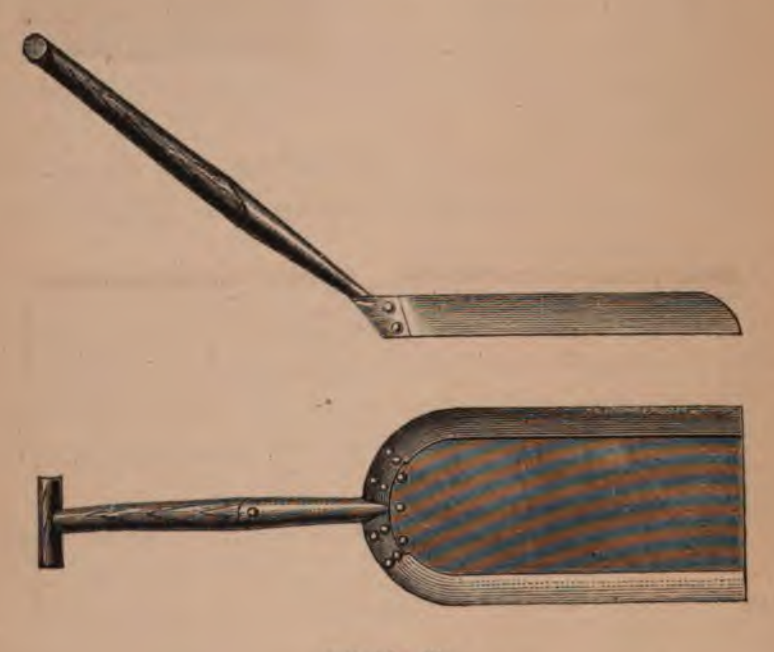
L'appareil Duméry renverse le principe général: au lieu de placer la houille fraîche sur la houille en feu, il place la première sous la seconde. Cet appareil dit : à combustion renversée, introduit la houille dans le foyer à l'aide de deux cornets latéraux dans lesquels le charbon est poussé par des espèces de pistons repoussoirs. La fumée de la couche inférieure est ainsi brûlée par la couche supérieure qui sert de moyen de distillation.

Au lieu de projeter de l'air, l'appareil Thierry couvre la houille d'une

nappe de vapeur soufflée par une série de tubes percés de petits trous, qui forment une espèce de crible.

En résumé, au dire des praticiens, le meilleur fumivore, c'est... un bon chauffeur.

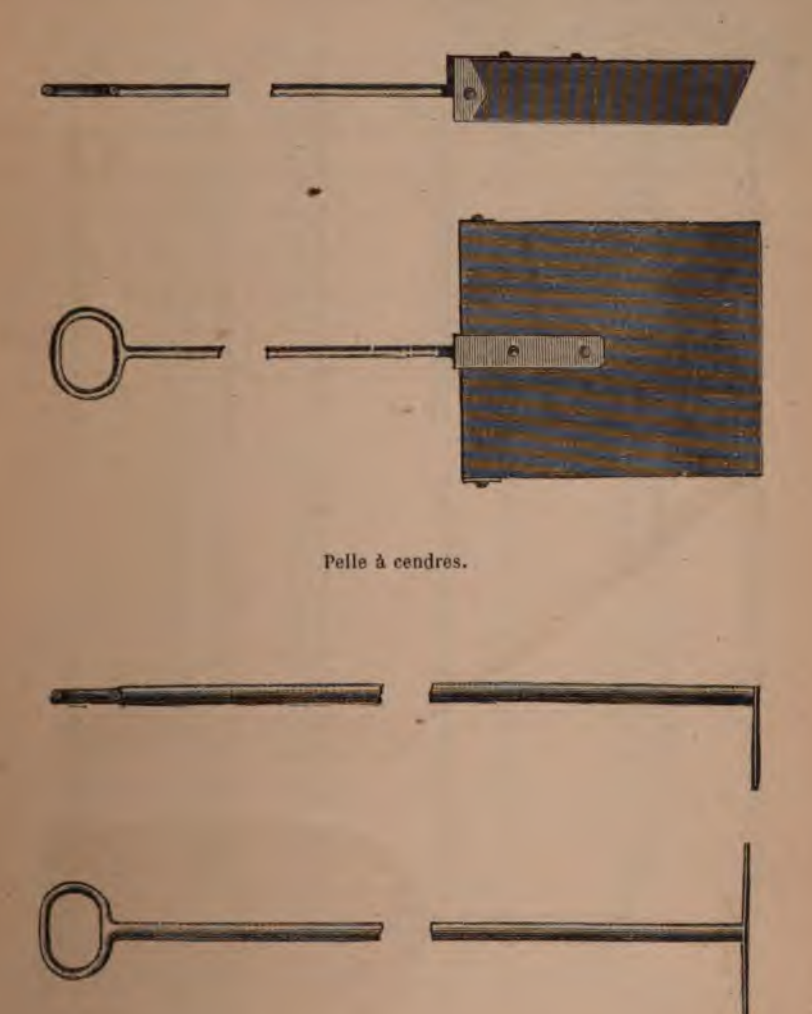
Souffleur. — Lorsque la locomotive est au repos ou sur une pente, la combustion n'est plus activée par la vapeur d'échappement. Dans ces cas, on a recours à un jet de vapeur lancé dans la cheminée par une ouverture de 20 millimètres de diamètre ou par une série de petits ajutages. Le souffleur à jet unique ou le souffleur à jets multiples — une espèce d'appareil fumivore — est aussi très utile pour hâter la mise en pression des machines au dépôt.



Pelle à houille.

Cendrier de locomotive. — C'est une caisse formée du prolongement des parois du foyer en bas de la grille ; elle est close, mais peut

être ouverte au moyen de portes que le mécanicien fait manœuvrer par des tringles, ce qui permet de régler le tirage. Mais le cendrier

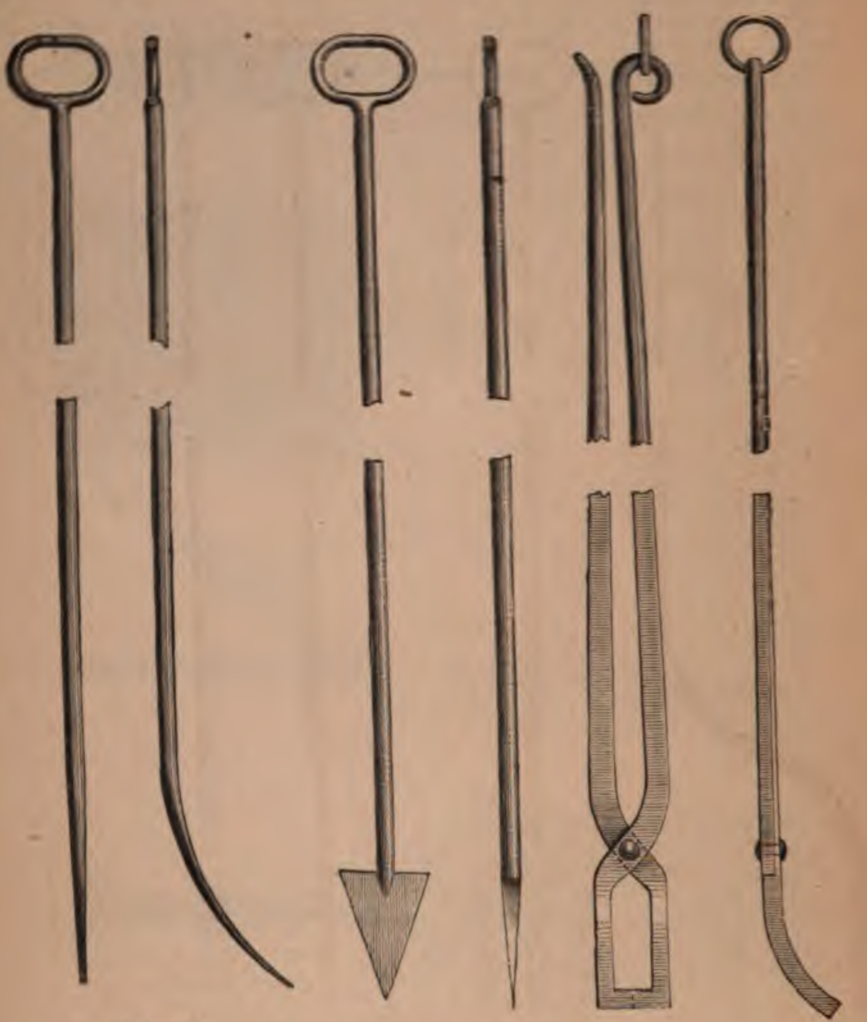


Pelle à cendres.

Raclette pour nettoyer la grille.

restreint l'entrée de l'air; il brûle la grille par les charbons ardents qui y tombent et en empêche le nettoyage. Aussi l'aurait-on enlevé,

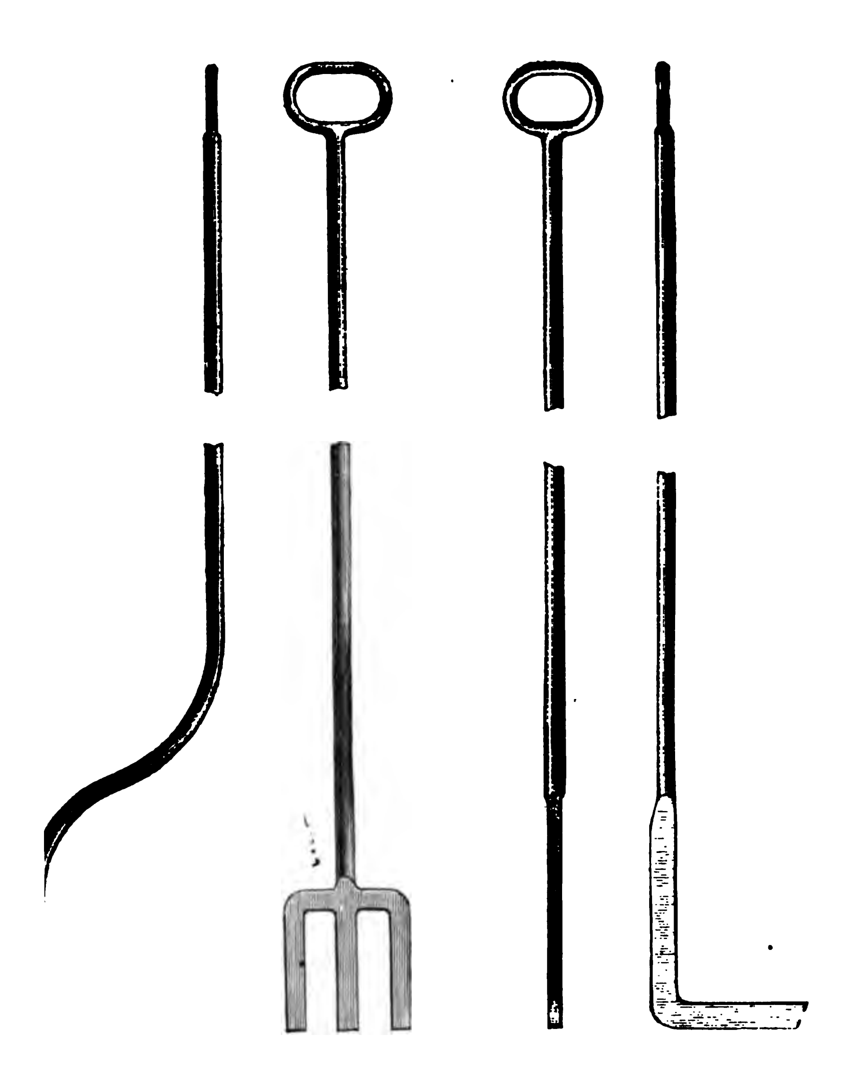
— sauf à causer des incendies — si l'on n'avait pas actuellement des foyers peu profonds.



Pique-feu,
1/10 de grandeur naturelle.

Levier et pince pour enlever ou pour replacer les barreaux des grilles.

'ous terminerons ce paragraphe en donnant le dessin des divers
ıls à feu du chauffeur. (Voir les 3 pages précédentes.)



Fourche à détacher les scories.

Ringard pour enlever les scories.

§ 3. — LES ARMATURES DE LA CHAUDIÈRE.

La chaudière supporte à l'intérieur, dans toute direction, une pression uniforme à laquelle elle doit pouvoir résister avec la plus grande sécurité possible dans les conditions suivantes.

La résistance des surfaces contre la déformation dépend de leur forme à épaisseur égale ; les surfaces planes résistent moins que les surfaces courbes, — cylindriques ou sphériques, — et comme la chaudière n'offre pas partout la même forme et, par conséquent, pas une résistance égale, il faut renforcer par des artifices ses parties comparativement faibles. Cette consolidation a lieu par l'application de boulons, de tirants, d'entretoises, etc., etc., que dans leur ensemble on appelle : l'armature.

Pour trouver en quels endroits et de quelle manière l'armature doit être placée, supposons la chaudière entièrement remplie d'eau. En y introduisant encore de ce liquide, au moyen d'une presse hydraulique, on verra que les parois cèderont, se ploieront et finalement se déchireront. La paroi du foyer sera poussée vers l'intérieur et la paroi de la boîte à feu vers l'extérieur ; dans la réalité, la pression de la vapeur fait l'office de l'eau ajoutée. Il s'agit donc d'empêcher d'abord l'écartement de ces deux parois.

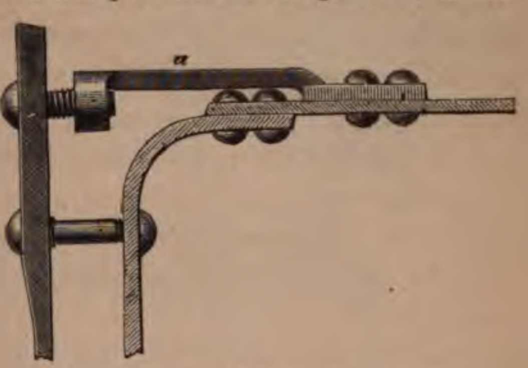
Armature des parois planes du foyer. — Les entretoises des parois du foyer et de la boîte à feu sont en cuivre ou en fer, ou en fer entouré d'un mandrin en cuivre, ce qui est une complication généralement abandonnée aujourd'hui. Les entretoises sont vissées et munies de têtes. Les bouts qui dépassent trop sont sciés à la longueur voulue et arrivent à la forme indiquée par la troisième entretoise du dessin. Leur longueur est de $0^m,18$ et leur calibre de $0^m,03$; leur espacement, qui dépend de l'épaisseur des parois, est de $0^m,12$. Plus elles sont espa-



Entretoises des parois planes du foyer.

cées, moins leurs intervalles se remplissent de boue ou d'incrustations et plus facilement elles peuvent être nettoyées.

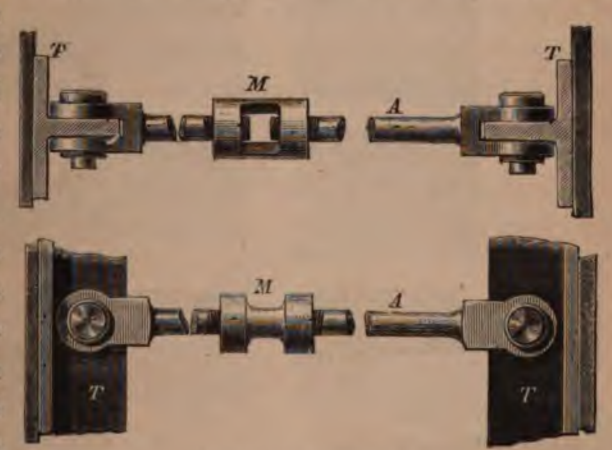
La rupture des entretoises a lieu par suite de l'inégalité de la dilatation du foyer et de son enveloppe. Pour reconnaître cette rupture, il faut perforer les entretoises, si elles ne l'ont pas été dans la fabrication. La rupture est alors indiquée par l'eau qui sort du trou, comme d'un robinet.



Tirant de la boîte à feu.
1/8 de grandeur naturelle.

Quant à la plaque tubulaire, elle est consolidée avec la chaudière par des tirants, indiqués par la lettre *a*.

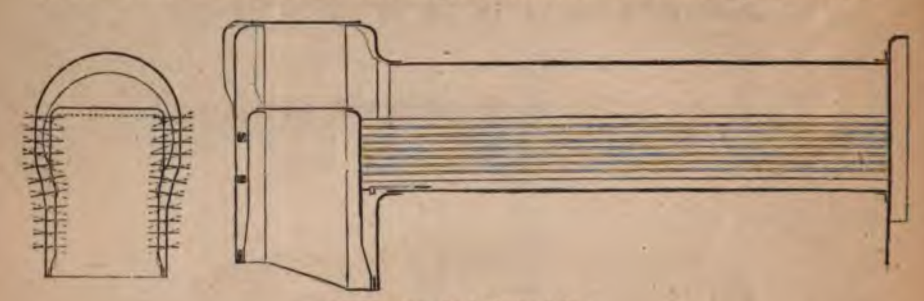
Armature de la paroi d'arrière de la boîte à feu et de la plaque tubulaire d'avant. — Cette armature comprend un tirant A qui traverse la chaudière. La plaque tubulaire d'avant et la paroi d'arrière du foyer sont renforcées par des fers à cornière T. Le tirant ou ancre se compose de deux parties, reliées entre elles avec un double écrou fileté ou matrice M, qui permet le serrage et le règlement de la tension.



Tirant de la chaudière
1/8 de grandeur naturelle.

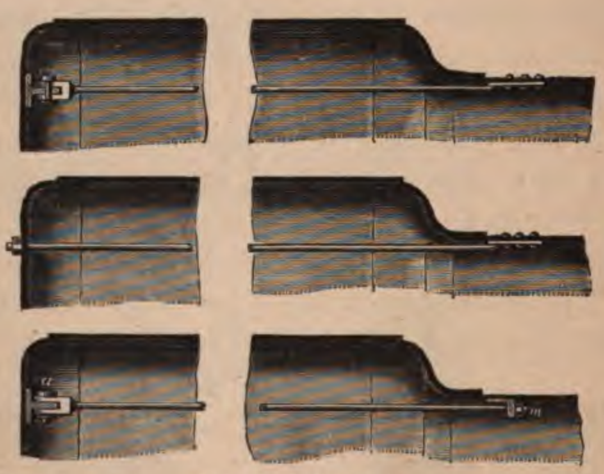
Armature de la boîte à feu et du corps cylindrique. — La pression de la chaudière peut encore augmenter au point que les armatures

cèdent et que de nouvelles déformations en résulteraient (voir les lignes ponctuées), si l'on n'avait pas recours à des tirants placés entre



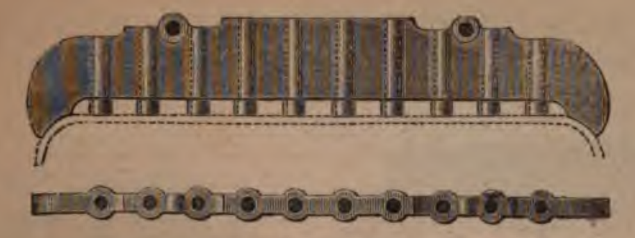
Déformation de la boîte à feu.

la paroi extérieure de la boîte à feu et le corps cylindrique de la chaudière. Voici trois modèles de ces tirants dont le dernier paraît être le plus rationnel. On peut serrer par l'écrou *m* le tirant ; s'il est nécessaire de sortir ce dernier de la chaudière, on lâche cet écrou et on enlève le boulon *a*, qui est goupillé.



Tirants de la boîte à feu.

Armature du ciel ou plafond de la boîte à feu. — Cette armature comprend les poutrelles, espacées comme les entretoises des parois, qui s'appuient par leurs extrémités sur les parois du foyer ; elles ont l'inconvénient d'être lourdes et encombrantes.

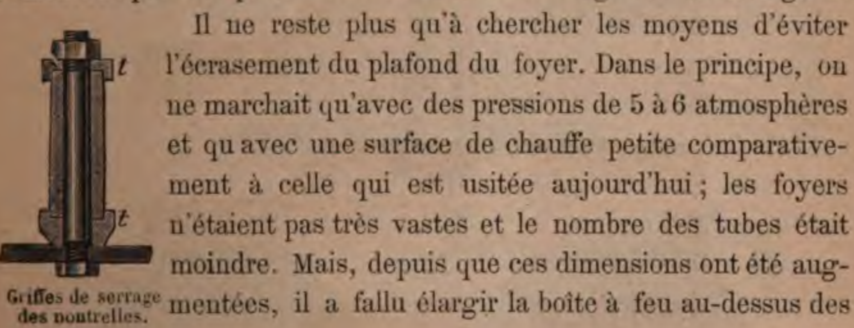


Poutrelle ou ferme composée d'une seule pièce.
1/6 de grandeur naturelle.



Poutrelle ou ferme composée de deux fers plats.

Ces poutrelles doubles sont assemblées par les boulons *nn* et renforcées par des pièces de fer massives *cc* ou griffes de serrage *tt*.



Griffes de serrage des poutrelles.

Il ne reste plus qu'à chercher les moyens d'éviter l'écrasement du plafond du foyer. Dans le principe, on ne marchait qu'avec des pressions de 5 à 6 atmosphères et qu avec une surface de chauffe petite comparativement à celle qui est usitée aujourd'hui ; les foyers n'étaient pas très vastes et le nombre des tubes était moindre. Mais, depuis que ces dimensions ont été augmentées, il a fallu élargir la boîte à feu au-dessus des

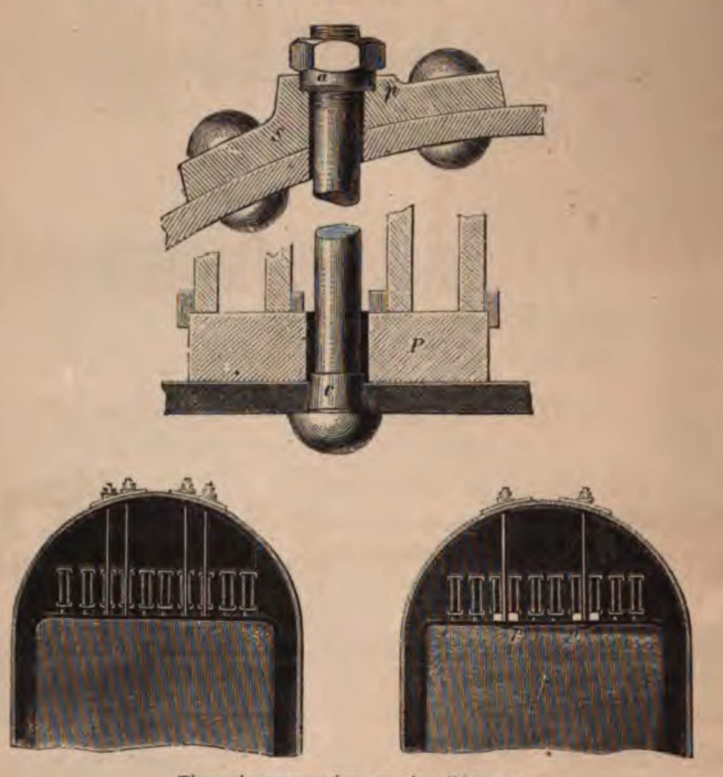


Armatures du ciel de la boîte à feu.

essieux, car, en dessous, c'est l'espacement des rails qui limite invariablement toute dimension de la machine. Donc, ayant élargi la boîte à feu, il a fallu y apporter des armatures plus fortes.



Suspension de deux poutrelles par une seule tige.

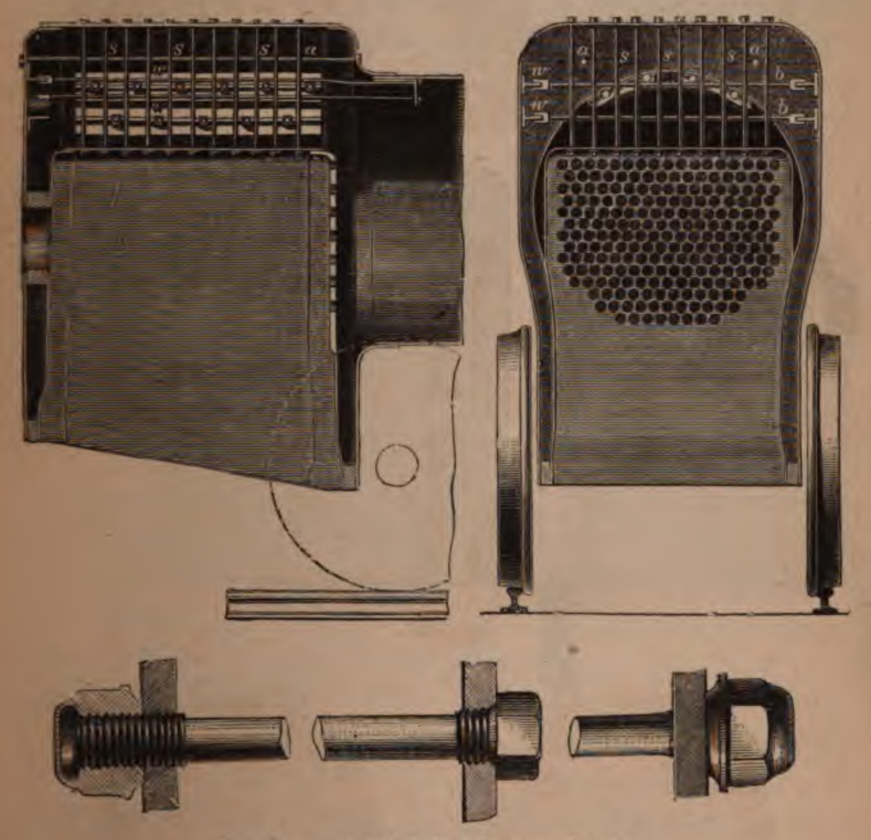


Tiges de suspension munies d'écrous.

Au ciel de la boîte à feu, on rive trois fers à T, *t, t, t,* qui, au moyen de tiges de suspension *h, h, h,* sont attachés aux poutrelles;

celles-ci au nombre de quatre généralement. Dans la figure à gauche, les fers à T sont placés transversalement à la chaudière ; dans la figure à droite, longitudinalement. (Voir page 33).

A la suite de la suspension de deux poutrelles par une seule tige, la paroi de la boîte à feu doit supporter au point *c* une forte tension; on commence à abandonner ce mode de construction.

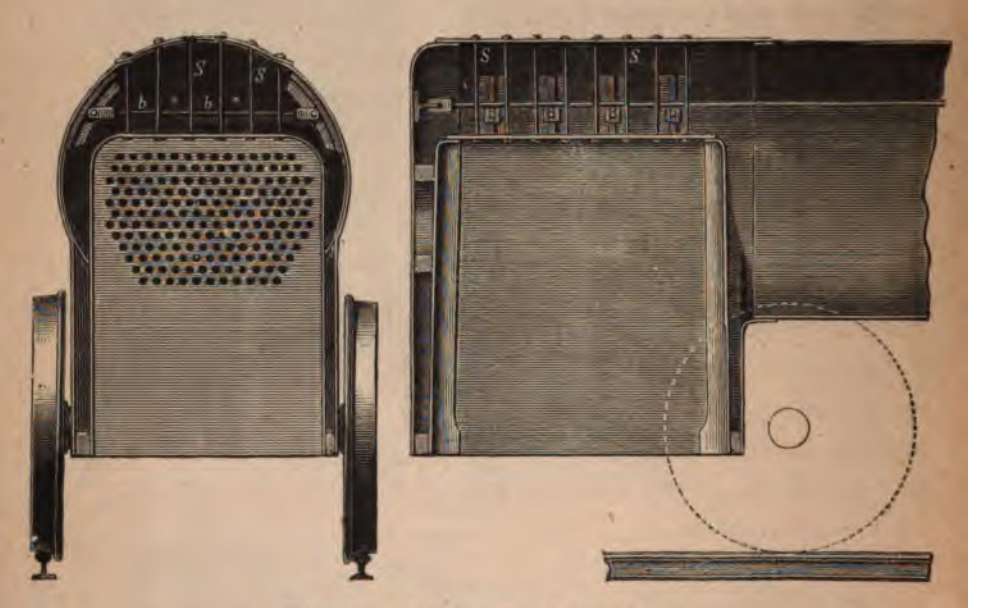


Entretoisement de la boîte à feu avec ciel plat.

Une autre méthode de renforcer le ciel de la boîte à feu consiste à allonger les tiges de suspension et à les serrer avec un écrou. Sur le plafond sont rivées des selles en fer forgé *sp* qui répartissent le tirage de l'écrou sur une plus grande surface; cette selle peut servir pour deux tiges de suspension. Au-dessous de l'écrou de serrage se

trouve une virole *a* qui garantit la vis contre l'usure. Pour permettre à la tige *ac* de supporter deux poutrelles à la fois, on pose sur celles-ci une plaque en fer forgé P. La conicité de la tige au point *c* dispense du filetage à cet endroit.

Nous avons dit plus haut que la tendance à toujours augmenter la force et par conséquent les dimensions de la locomotive est limitée par l'écartement des rails. Cependant il y a une dimension qui échappe à cette limite : c'est la longueur du foyer qu'on a portée jusqu'à deux mètres dans des machines à marchandises, et dont voici



Entretoisement de la boîte à feu à ciel rond.

l'armature. Les ciels des foyers sont plats; ils sont reliés entre eux par les entretoises *s*; les parois sont consolidées par les tirants *w b*; au point *a* se trouve l'ancre qui relie la boîte au corps cylindrique.

Cet entretoisement dispense des poutrelles lourdes et encombrantes, et rend la chaudière plus légère et plus facile à nettoyer; mais il est compliqué; aussi abandonne-t-on les surfaces plates et on emploie des surfaces courbes, telles que la figure l'indique.

§ 4. — LA SURFACE DE CHAUFFE ET LES TUBES BOUILLEURS

On sait que l'eau se change en vapeur d'autant plus vite qu'on met plus de feu sous le récipient qui la renferme, et que celui-ci présente plus de surface au contact de la chaleur. C'est cette surface qu'on appelle : surface de chauffe ; elle est directe si le feu la frappe directement; indirecte, si elle n'est entourée que des gaz chauds résultant de la combustion. L'ensemble de ces deux surfaces est ce que l'on nomme : la surface totale de chauffe.

Pour une seule rotation des roues motrices des deux côtés de la machine, il faudrait remplir de vapeur quatre fois les deux cylindres ou deux fois chacun si l'on marchait avec des cylindres entièrement pleins. Mais cela n'a pas lieu dans la pratique ; on ne laisse plus entrer la vapeur si le piston a parcouru une partie de son chemin, et on utilise la force d'expansion de la vapeur : sa détente. Malgré cette économie, il faut pouvoir disposer à chaque instant d'une énorme quantité de vapeur; mais dans la locomotive la boîte du foyer, qui forme la surface de chauffe directe, étant très limitée, on a recours à un artifice sans lequel les chemins de fer n'existeraient pas — du moins dans leur état actuel — comme engins de force et de vitesse par excellence. Nous avons nommé les tubes bouilleurs. George Stephenson et Marc Séguin les ont inventés.

Tubes bouilleurs. — On les appelle aussi tubes à fumée, ou tubes à gaz, ou simplement : tubes ; ils traversent la chaudière et sont attachés à deux plaques tubulaires, l'une : la plaque tubulaire du foyer; l'autre : la plaque tubulaire de la boîte à fumée. Ces tubes sont entourés d'eau et le feu ainsi que les gaz chauds y circulent.

Comme on emploie jusqu'à 180 tubes, la surface totale de chauffe est notablement agrandie ; mais cela ne suffit pas, il faut que la surface de la grille soit avec la surface de chauffe dans une certaine proportion que du reste la pratique a correctement établie : la grille est de 1/80 à 1/100 de la surface totale de chauffe. L'expérience a en outre

appris que 1 mètre carré de surface directe vaporise autant d'eau que 3 mètres carrés de surface indirecte ; d'après le calcul, la dernière est de 10 à 15 fois plus étendue que la première.

Les tubes sont espacés de 0m,07 de milieu en milieu ; ils ne doivent pas avoir un diamètre trop petit, ils se boucheraient facilement et augmenteraient le frottement des gaz, en réduisant leur passage.

Quel que soit le métal dont ils sont composés : fer, acier, cuivre rouge ou laiton, leur fixation dans les plaques tubulaires de la chaudière et leur entretien sont les mêmes.

C'est à partir de 1844 qu'en France on a employé des tubes en fer. Quoiqu'ils éprouvent lors de l'échauffement et du refroidissement les mêmes dilatations et les mêmes contractions que la chaudière et qu'ils n'aient pas la tendance à se déplacer dans leurs plaques, on les a néanmoins abandonnés, car ils ne résistent pas à l'action corrosive du feu. Cependant on les essaye de nouveau.

Le laiton ou le cuivre est un meilleur conducteur du calorique, mais il coûte le double et ne se revend comme vieux cuivre qu'à 80 p. 0/0 de perte.

Les tubes laminés et tirés au banc d'une pièce ont un diamètre de 0m,05 et une épaisseur de 0m,003 dans toute leur longueur, sauf vers les extrémités ; sur un côté, ils sont de 0m,003 plus étroits pour leur passage, et élargis de la même quantité sur l'autre côté.



Tube avant le rabattement des bords.



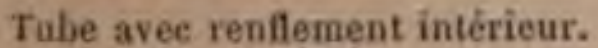
Tube après le rabattement des bords.

Le dessin explique la manière d'emboutir les tubes avec les rebords. Si par l'outil employé pour le placement des tubes il se produit un renflement intérieur, celui-ci contribue à rendre le tube encore plus étanche. Quelquefois on

enchâsse une virole en acier ou petite bague dans le tube pour le garantir contre l'action trop vive de la flamme et pour ménager son bord.







Tube avec renflement intérieur. Tube avec virole en acier.

Si les tubes sont convenablement placés, ils contribuent à la stabilité des plaques tubulaires, et peuvent servir à la chaudière d'armature, de solides tirants en quelque sorte, car ils supportent — quand ils ont été fabriqués avec tout le soin voulu — une pression de 25 kilogrammes par centimètre carré, sans se déformer.

Les trous de la plaque tubulaire s'élargissent avec le temps quand on remplace trop souvent les tubes ; on remet alors ces trous à la dimension voulue en y chassant ou en y vissant des anneaux de fer ou de cuivre. Le tube à épaisseur décroissante obvie à cet inconvénient.



Tubes avec ajutage de réparation.

Les bouts d'un tube ne doivent jamais servir deux fois. Les tubes sortis sont coupés pour être employés dans des chaudières plus courtes, ou encore on y soude de nouveaux bouts ; cette opération qui est toujours très délicate doit être faite avec le plus grand soin.



Tringles de nettoyage des tubes.

Avaries des tubes. — Les tubes sont l'objet de la surveillance incessante du mécanicien, qui doit, avant la mise en feu, vérifier s'ils ont été nettoyés. Des tringles dont la spirale est entourée de chanvre servent à cette opération. On voit si les tubes sont propres en regardant à travers, après avoir placé devant eux une lumière.

Les tubes suintent souvent sans qu'on en découvre la cause; quelquefois ce suintement cesse en route; s'il ne cesse pas, il faut essayer de rabattre à coups de marteau le bord du tube *s* sur la plaque *r* avec l'outil spécial que voici. Les tubes crèvent quelquefois par



Tige de rabattement du bord des tubes.

suite d'un défaut dans la soudure ou quand ils sont brûlés; le mécanicien s'en aperçoit par la projection de vapeur et d'eau; pour ne pas laisser éteindre le feu, il doit chasser un tampon de bois K, dont il a en réserve, dans le trou de la plaque tubulaire *r* avec l'instrument que voici. Il ferme ainsi le tube *s*, qui alors devient étanche.



Tige de tamponnement des tubes.
1/16 de grandeur naturelle.

§ 5. — LA BOITE A FUMÉE AVEC SA CHEMINÉE.

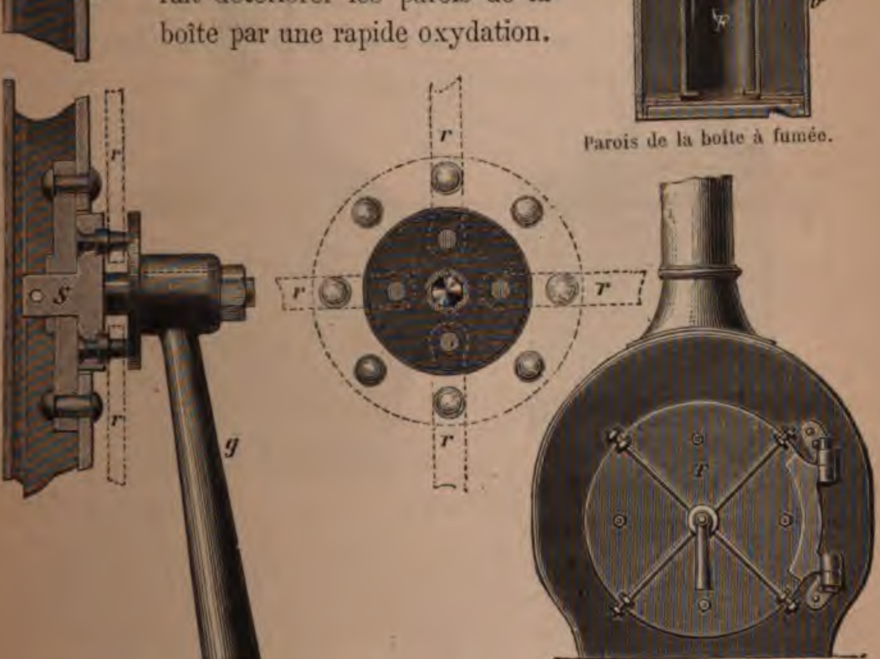
La boîte à fumée est une caisse placée à l'avant de la chaudière, et pareille à la boîte à feu; mais les plaques de tôle dont elle est formée sont moins épaisses, attendu qu'elles n'ont pas de pression à supporter; elle reçoit les gaz chauds et couvre plusieurs pièces de mécanisme dont il sera question. La cheminée est rivée à la boîte à fumée.

Parois de la boîte à fumée. — La plaque MM est rivée à la boîte à

fumée et attachée en outre à la chaudière L par un anneau à cornière *ww* avec double rangée de rivets. On prolonge les plaques MM et *vv* au-dessous de *bb* et on établit ainsi une caisse avec un pot F dans lequel se ramassent les escarbilles; celles qui s'en vont dans la cheminée sont recueillies par l'appareil à flammèches qui les fait retomber.

Porte de la boîte à fumée. — La plaque à l'avant de la boîte est percée d'une ouverture — trou d'homme — qui est fermée par la porte T. Il faut que celle-ci ferme hermétiquement, car l'air frais allumerait inutilement les gaz incomplètement brûlés ainsi que le combustible entraîné, et pourrait détériorer les parois de la boîte par une rapide oxydation.

Parois de la boîte à fumée.



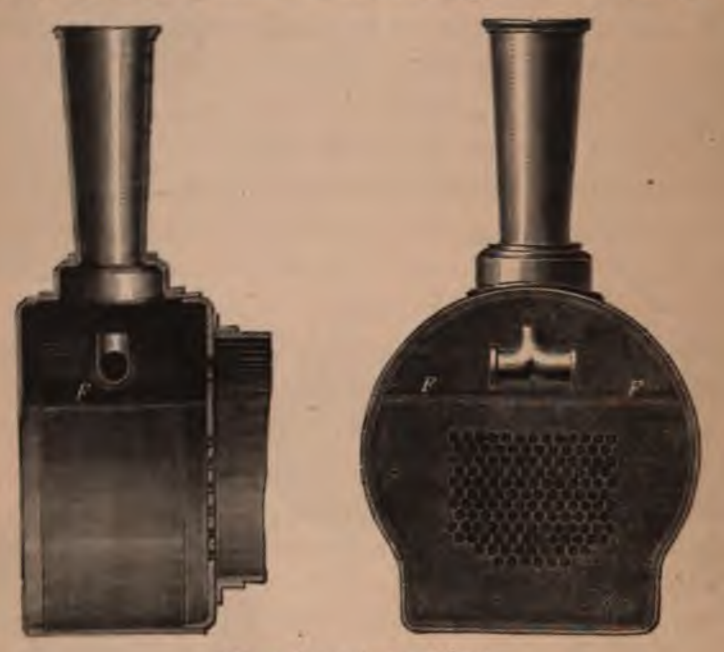
Détails de la porte de la boîte à fumée.

Trou d'homme.

La porte doit être assez grande pour découvrir la plaque tubulaire afin de permettre le nettoyage ou le changement des tubes. La fermeture est obtenue par les quatre verrous *rr*, qui sont manœuvrés par la plaque mobile S et la manette *g*.

Registre. — Il y a une seconde ouverture de $0^{m},20$ dans la boîte à fumée ; elle est sur le côté et peut être fermée par une valve nommée registre, que le mécanicien fait glisser dans une rainure au moyen d'une tringle, pour modifier le tirage. On obtient le même effet par les persiennes anglaises placées devant la plaque tubulaire.

Cheminée de locomotive. — D'après les expériences des physiciens, la hauteur de la cheminée doit être égale à trois fois son dia-



Cheminées coniques en fonte.

mètre. Les cheminées cylindriques sont en tôle de $0^{m},005$ d'épaisseur, les cheminées coniques FF quelquefois en fonte. L'évasement en haut est inutile, ce n'est qu'un ornement; l'évasement d'en bas facilite l'écoulement des gaz. Au haut de la cheminée est un clapet ou capu-

chon à charnières qui permet de fermer la cheminée et d'interrompre le tirage pendant le stationnement. Il vaut mieux fermer le cendrier.

La rupture de la cheminée provient de l'usure ou du choc contre des échafaudages; si la rupture a lieu vers le milieu, on peut, en chargeant le feu, encore marcher; mais quand la cheminée est rompue à la base et qu'on n'arrive pas à la remettre en place, il faut s'arrêter.

Appareil des flammèches. — En maintes circonstances, telles que le remorquage de convois lourds sur des pentes fortes, qui nécessite une tension extraordinaire de la vapeur, l'étranglement ou serrage de l'échappement pour activer le tirage entraîne l'écoulement très rapide des gaz chauds et des escarbilles. Ces corps incandescents peuvent tomber aussi bien dans la figure des voyageurs qui regardent par la fenêtre, que sur les matières combustibles entassées le long de la voie. Dans plusieurs contrées, de pareilles places sont marquées par des planches peintes en rouge et blanc et attachées aux poteaux télégraphiques à l'intention du personnel de la locomotive qui doit se rappeler ces endroits, car ils ne sont pas éclairés pendant la nuit.

Pour franchir ces passages dangereux sans causer d'incendies, on n'a pas manqué d'édicter toute une série d'instructions qui tendent plus ou moins à faire cesser les manœuvres pouvant provoquer la projection des escarbilles; mais le mécanicien pourrait-il s'y conformer si la production de la vapeur devenait insuffisante et qu'il fût forcé de rester en route ou du moins d'arriver en retard? En outre, ne peut-il pas se trouver temporairement le long de la voie des matières combustibles dont la présence n'a pas pu être signalée?

Il fallait donc chercher autre part que dans des ordonnances un remède au mal. On a espéré le trouver dans des dispositions mécaniques. Pour arrêter les escarbilles au passage et les faire tomber dans la boîte, on place au-dessus des tubes une plaque en tôle percée de trous, ou une grille en tringles ou en barres plates inclinées. Si les trous sont petits, si les mailles sont serrées, alors effectivement les escarbilles ne passent pas, mais le tirage est diminué, et *vice versâ*. En outre ces ouvertures sont bientôt bouchées par les cendres et la

poussière dont la vapeur condensée ou l'eau entraînée fait une pâte qui incruste cet appareil que le personnel de la locomotive jette très souvent dans un coin du tender, sauf à être puni sévèrement.

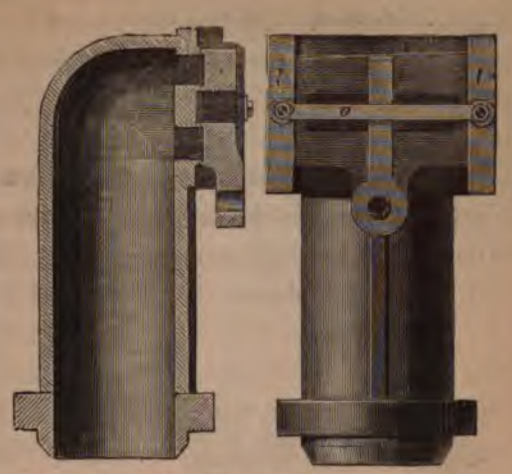
§ 6. — LES ORGANES D'ENTRÉE (ADMISSION) ET DE SORTIE (ÉCHAPPEMENT) DE LA VAPEUR.

La vapeur séchée dans le dôme ou dans le plafond de la boîte à feu, qu'on surélève autant que possible, est conduite vers les cylindres par le tuyau d'admission. Cette entrée de la vapeur est régularisée par le régulateur, — nom emprunté à l'horlogerie. — Quand la vapeur a terminé son travail, elle souffle par le tuyau d'échappement dans la cheminée pour produire le tirage, ou s'échappe à l'air libre.

Tuyau d'admission avec régulateur à simple tiroir. — Ce tuyau appelé aussi : tuyau de prise de vapeur, ou tuyau de distribution, ou tuyau de conduite de la vapeur, ou tuyau de vapeur, est en cuivre rouge, sauf dans la partie où se trouve le régulateur et dans celle où commencent les conduits des cylindres. Il est entièrement en fonte, si le régulateur est placé près de la boîte à fumée. Il se bifurque à son entrée dans la boîte à fumée. Cette bifurcation s'opère dans une culotte en fonte; puis les tuyaux suivent les parois de la boîte pour ne pas masquer la plaque tubulaire; quand ils sont extérieurs, on les applique sur le corps cylindrique de la chaudière et on les enveloppe d'une tôle mince pour empêcher leur refroidissement. Ajoutons que la section totale des tuyaux des cylindres doit être égale à la section du tuyau d'admission, et que la section de chacun d'eux est le dixième de celle du cylindre.

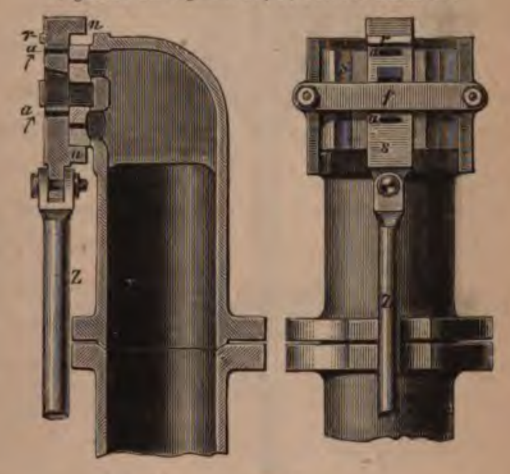
Le régulateur est attaché à ce tuyau qui porte une surface plane avec plusieurs fentes sur lesquelles glisse un tiroir ayant également des fentes. Si elles sont superposées, la vapeur passe par le tuyau d'admission dans les cylindres. Ce tiroir, dans la partie *ll*, est coupé en couteau de guillotine pour que la vapeur entre graduellement.

Sur chaque côté de la surface plane, miroir ou glace, se trouvent deux avancées, protubérances qui servent de guide au tiroir. Le ressort *o* l'empêche de tomber en arrière et lui permet de s'éloigner un peu; car, si le régulateur est fermé, et si la marche dans les tiroirs du cylindre est changée, les pistons aspirent l'air qui, refoulé dans le tuyau d'admission, pourrait le faire éclater. On donne au miroir ou table plusieurs fentes, afin que sa course soit plus réduite et que la rotation de la manivelle soit plus restreinte.



Tuyau d'admission avec régulateur à simple tiroir.
ll, guides du régulateur ; *o*, ressort du tiroir.

Régulateur à double tiroir. — Par suite de la grande pression de la vapeur, la manipulation du tiroir devient souvent très difficile. On remédie à cet inconvénient par la disposition suivante.





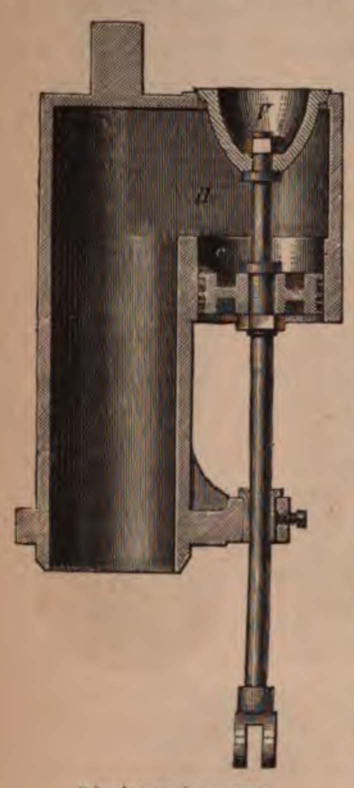
Régulateur à double tiroir.

S, tiroir principal ; *s*, tiroir auxiliaire (élévation et plan) ; *n*, avancée ; *r*, pièce d'arrêt ; *f*, ressort ; *a*, fente ; *z*, tige de la manivelle.

Sur le dos du tiroir principal se trouve le tiroir auxiliaire, qui, par

sa petite surface, offre peu de frottement et peut être facilement tiré en bas. Ses fentes se trouvent alors l'une vis-à-vis de l'autre; la vapeur peut entrer dans le tuyau et y faire naître une pression qui, de l'intérieur, agit sur le tiroir principal et le décharge; la manœuvre devient alors plus aisée. En tournant davantage à droite ou à gauche le levier, l'avancée du régulateur ouvre en entier le tiroir principal ou le ferme. Le tiroir auxiliaire a une pièce d'arrêt *r* dont la course est limitée par le dessus du ressort *f*. (Voir la page précédente.)

Ce petit tiroir a encore d'autres buts : il permet une traction douce, car au commencement il passe peu de vapeur, et la locomotive se met en route sans secousses. En outre l'expérience a appris que les surfaces frottantes des cylindres et des tiroirs souffrent le plus quand on marche sans vapeur, c'est-à-dire sur les pentes; alors le tiroir auxiliaire fournit la vapeur suffisante pour que ces surfaces restent humides sans que la vitesse augmente par l'addition de cette petite quantité de vapeur. Cette dernière doit être donnée aux machines dépourvues du petit tiroir, au moyen d'un robinet spécial à la portée du mécanicien.



Régulateur à soupape.

H, boîte du régulateur; *v*, soupape; *k*, piston; *s*, tige du piston; *c*, boîte à étoupe ou petit cylindre du piston.

Régulateur à soupape. — La soupape et le piston, fixés ensemble sur la même tige, ayant le même diamètre, la pression sur ces deux organes est aussi la même; donc, pour ouvrir le régulateur, on n'a qu'à vaincre leur frottement. Mais avec ce régulateur l'air aspiré par le piston ne peut pas pénétrer dans la chaudière; il s'introduit dans la caisse du tiroir et y est comprimé au point de la faire éclater, ce qui s'est déjà vu.

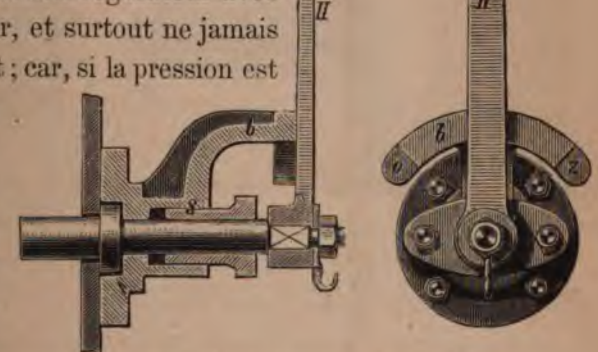
Il existe encore d'autres sortes de régulateurs ; il semble inutile d'en faire la description, attendu qu'ils sont encore plus compliqués que ceux que l'on vient de décrire.

La manœuvre du régulateur a lieu au moyen de sa manivelle ou levier, qui se présente aussi sous forme de roue.

Manivelle du régulateur — Les deux points *o* et *z* limitent la course du régulateur : *o* veut dire ouvert ; *z*, fermé. Le régulateur tout ouvert doit présenter une section égale au vingtième de la surface du piston.

Si l'arbre de la manivelle est placé tant soit peu haut, sa manœuvre est pénible pour un mécanicien de petite taille. Le second modèle s'applique à toute taille.

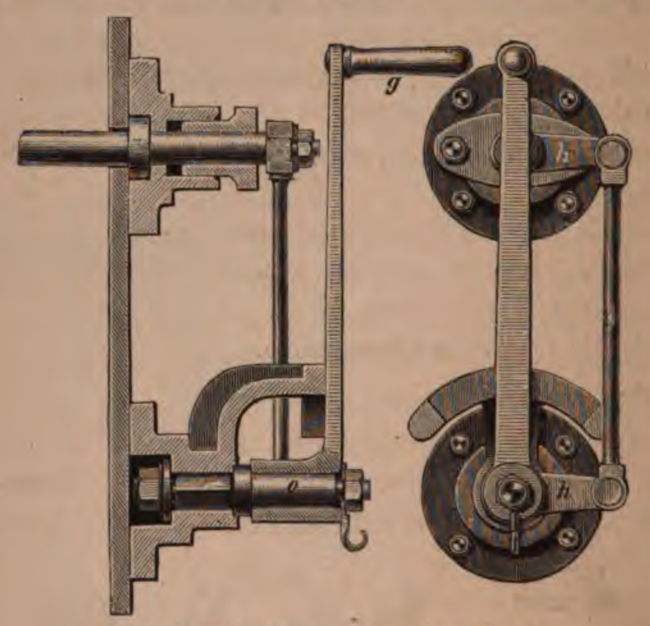
Manipulation du régulateur. — Le mécanicien doit manœuvrer son régulateur avec beaucoup de douceur, et surtout ne jamais l'ouvrir brusquement ; car, si la pression est très élevée, l'eau est projetée avec violence dans la prise de vapeur, et peut produire une explosion, ou pour le moins un détraquement général de la machinerie. L'eau, dans ce dernier cas, s'introduirait entre le piston et le couvercle du cylindre et, à cause de son incompressibilité, agirait comme un corps dur, et briserait le cylindre.



Manivelle du régulateur ; premier modèle.
H, levier ; *b*, support ; *s*, boîte à étoupe.

Par le régulateur passe non seulement la vapeur, mais aussi l'eau qu'elle entraîne et qui, se mélangeant dans la cheminée avec la suie et des parcelles de charbon, forme une bouillie noire ; quand elle est

projetée sur le personnel, celui-ci dit que la machine crache ou prime. Ce primage arrive quand il y a trop d'eau dans le corps cylindrique et quand, par suite de son bouillonnement, elle est aspirée par le régulateur. Dès que le mécanicien s'aperçoit que sa machine prime, il doit ouvrir les robinets purgeurs pour que l'eau puisse s'écouler.



Manivelle du régulateur; second modèle.

g, manette de la manivelle du régulateur ; *o*, axe de la manivelle ; *b*, bride empêchant la déviation de la manivelle ; *h* (à droite), levier ; *z*, bielle.

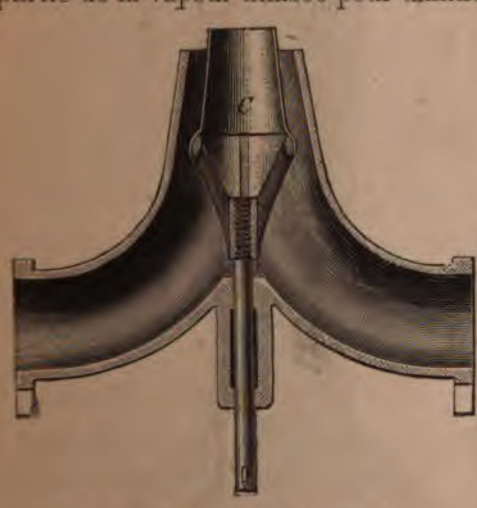
Si le régulateur, pour cause de fuites ou de rupture d'un ressort, ne se ferme pas, le mécanicien peut empêcher la vapeur d'entrer dans les cylindres en plaçant le tiroir au milieu, ou encore il peut marcher avec la distribution jusqu'à la station prochaine. Mais si régulateur et distribution font défaut à la fois, il faut siffler aux freins, alimenter, ouvrir les soupapes, jeter le feu ou l'éteindre et attendre la machine de secours après avoir fait couvrir le train.

Échappement. — Il y a des appareils spéciaux destinés à renvoyer toute la vapeur d'échappement dans le tender et qui sont forcément

appliqués aux chemins de fer métropolitains souterrains, où il faut, pour maintenir l'air respirable, que la locomotive soit entièrement fermée ; elle marche avec la chaleur qu'elle a développée avant son entrée dans les tunnels. Mais pour les machines fonctionnant à l'air libre il faut que l'échappement ait lieu pour activer le feu.

Dans l'origine, le tirage avait été obtenu par George Stephenson au moyen d'un ventilateur placé au-dessous de la cheminée ; et comme, dans les inventions, on procède presque toujours du composé au simple, contrairement à la logique, le tirage naturel a remplacé le tirage artificiel ; la physique s'est substituée à la mécanique.

Pour augmenter ou diminuer le tirage suivant la qualité du charbon ou l'inclinaison du profil de la voie, on augmente la section de la tuyère d'échappement ou on la diminue ; on serre l'échappement, en terme d'atelier. Souvent on laisse sortir directement dans l'air une partie de la vapeur utilisée pour diminuer le tirage ; il vaudrait mieux s'en servir pour chauffer l'eau, mais cela dépend de circonstances locales. Pour règle fixe, on peut dire que le tuyau soufflant doit toujours être placé dans l'axe de la cheminée et déboucher à la rangée supérieure des tubes bouilleurs.

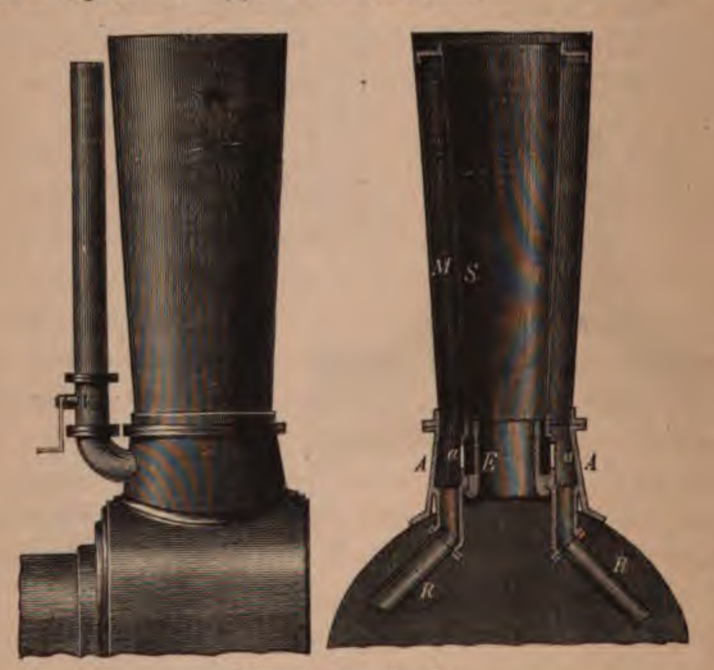


Exhausteur à section variable C.

Tuyau d'échappement à section variable. — La vapeur s'échappe des cylindres par deux tubes se réunissant en un seul qui est le tuyau d'échappement, ou tuyau soufflant, ou régulateur de sortie, ou exhausteur logé dans la boîte à fumée. Les désignations, comme on le voit, n'ont pas manqué à cet organe. Il a la forme conique, et c'est pour cela que beaucoup de mécaniciens, à l'étranger surtout, l'appellent : le cône. Si la pièce conique

est poussée en haut, l'ouverture de l'exhausteur se rétrécit, et, comme il vient d'être dit, l'échappement est serré et le tirage augmente et *vice versâ*. Avec une tige qui passe dans la boîte à fumée et avec des leviers, le mécanicien peut manœuvrer son cône sans se déranger de sa plate-forme. Il y a encore d'autres mécanismes pour serrer l'échappement, mais celui-ci suffit pour la démonstration.

Tuyau d'échappement à section fixe. — C'est une nouvelle invention qui n'est pas encore très répandue. La vapeur qui sort des cylindres passe dans un récipient annulaire formé par la cheminée, son manteau et sa base ; celle-ci est percée d'ouvertures *aa* et constitue, avec la tuyère de l'exhausteur E, une ouverture annulaire par laquelle la vapeur s'échappe dans la cheminée.



Exhausteur à section fixe.

S, cheminée ; M, manteau qui entoure la cheminée ; R, tubes d'échappement de la vapeur des cylindres ; A, base de la cheminée ; *aa*, ouvertures qui percent la base de la cheminée ; E, tuyère de l'exhausteur ; V, clapet de sortie de la vapeur.

Cette disposition a pour but de rendre uniforme l'échappement et

par conséquent le tirage ; elle écarte en outre l'entraînement des escarbilles dans la cheminée. Par le clapet v, le mécanicien règle l'introduction de la vapeur.

Considérations générales sur l'importance de l'échappement. — Nous devons admettre le reproche qui nous serait adressé au sujet de l'emploi trop fréquent des mots : mécanisme important, car on pourrait nous demander quelle est la pièce d'une locomotive qui ne soit pas importante.

Nous appellerons alors détails importants ceux qui ont porté la machine au degré de perfectionnement actuel, que nous devons admirer à juste titre. Tels sont entre autres, nous l'avons dit, les tubes bouilleurs. Mais leurs effets seraient nuls sans le tirage énergique qui est obtenu par l'échappement de la vapeur. Il a pour but d'attirer l'air brûlé dans la boîte à fumée et de l'en expulser violemment par la cheminée, afin de produire le vide et de faire entrer l'air frais sous la grille. Cette vapeur fait l'office du piston dans une pompe pneumatique, et même plus, elle arrache par le frottement les gaz brûlés, les entraîne avec elle, les chasse au dehors. Les érudits nous diront un jour quelle est dans ces deux cas la puissance prépondérante, et nous indiqueront les principes d'appareils destinés à augmenter l'action du jet de vapeur sur les gaz à expulser.

En attendant, l'échappement variable offre au mécanicien une précieuse ressource, l'unique ressource quelquefois pour ne pas tomber en détresse s'il est engagé sur une pente avec un mauvais lot de charbon, ou si quelque accident de la machinerie le met dans la nécessité de forcer sa locomotive.

Note. — Les figures avec leur texte explicatif sont extraites de l'excellent livre de MM. les ingénieurs en chef du matériel J. Brosius et R. Koch, intitulé : l'*École du conducteur de locomotives*, manuel destiné aux employés des chemins de fer et aux écoles polytechniques.

CHAPITRE II

Les accessoires de la chaudière de locomotive.

On ne s'est jamais mis d'accord sur la définition du mot : accessoires de la chaudière. Tantôt on y a compris tous les appareils destinés à l'alimentation de la chaudière et à la marche de cette alimentation ; tantôt on a séparé les premiers des seconds ; tantôt on a considéré à part les instruments de constatation du niveau de l'eau et de la pression de la vapeur, ou les dispositions de la vidange et du nettoyage de la chaudière, et ainsi de suite. La chose en elle même n'a pas d'importance. Le système de classification est indifférent ; l'essentiel est que l'on connaisse les appareils ou instruments dont le but est d'assurer le fonctionnement régulier de la chaudière. S'ils ne sont pas tous compris dans ce chapitre, on les trouvera plus loin ; cependant nous chercherons à établir ici un ordre logique.

On commence par remplir la chaudière : nous avons les pompes alimentaires et les injecteurs. Il s'agit ensuite de constater le niveau de l'eau au moyen de l'indicateur et des robinets d'épreuve. La vapeur une fois formée, il faut pouvoir se rendre compte de sa pression : elle est marquée par les manomètres ; puis la vapeur passe dans les cylindres par le tuyau d'admission, et s'échappe après son effet par l'exhausteur que nous connaissons. Si la vapeur est trop tendue, on la laisse partir par les soupapes et les bouchons fusibles, pour éviter une explosion. Enfin, dès que la machine est retournée au dépôt, il devient urgent de la vider et la nettoyer, en y passant les outils par les robinets de vidange et les tampons de lavage.

N'oublions pas de citer deux appendices de la chaudière : le sifflet et le sablier ; celui-ci laisse couler du sable sous les roues motrices pour augmenter leur frottement lequel est nécessaire quand les rails sont trop lisses ; mais la question n'est pas là pour le moment. Quoique ces deux appareils n'aient rien de commun avec la chaudière qui fonctionnerait bien sans eux, nous les classerons ici. — Libre au lecteur de leur assigner une autre place, peut-être plus convenable, et de dire : sablier, boîte à sable, ou sablière.

§ 1. — LES APPAREILS D'ALIMENTATION DE LA CHAUDIÈRE.

Comme la locomotive doit constamment être pourvue de l'eau nécessaire à la production de la vapeur, on a espacé en conséquence lors du tracé des chemins de fer les stations où le tender est approvisionné.

Les appareils destinés à refouler l'eau du tender dans la chaudière sont : les pompes alimentaires et les injecteurs Giffard (1). Quand ceux-ci sont arrivés, le mécanicien ne pouvait tout de suite se familiariser avec leur usage. On a donc gardé provisoirement à côté d'eux les anciennes pompes alimentaires, qui deviennent rares au fur et à mesure que les injecteurs — très compliqués dans le principe — se perfectionnent ou se simplifient, ce qui est la même chose dans cet ordre d'idées.

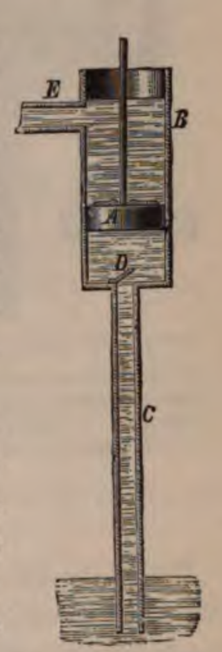
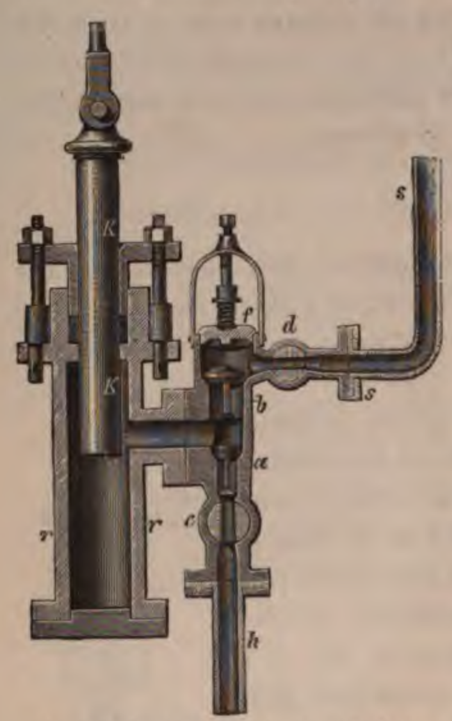


Figure de démonstration des pompes.

Avant de décrire les appareils alimentaires, il est peut-être utile de rappeler le principe de physique qui en est la base de construction et qui peut être démontré par la figure ci-contre. B est le corps de pompe ; A, le piston ; C, le tuyau d'aspiration. L'atmosphère presse l'eau dans le vide quand le piston monte. Si le piston descend, la soupape A s'ouvre et la soupape D se ferme. Si le piston

(1) Au moment d'écrire ce nom, nous apprenons la mort de cet illustre inventeur.

remonte, le jeu recommence, et l'eau s'écoule par le tuyau E. — C'est la pompe ordinaire. Comme le vide n'est jamais parfait à cause des fuites, l'eau ne monte pas à 10 mètres, mais reste de 1 à 2 mètres au-dessous, suivant le prix payé au fabricant.



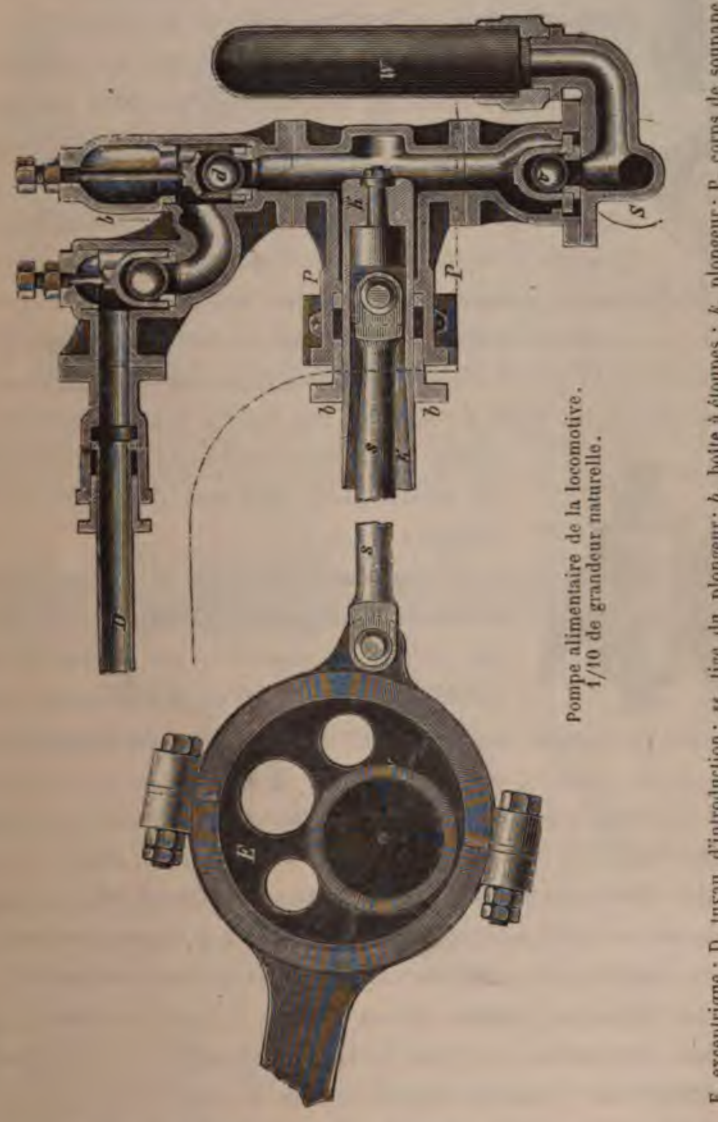
Pompe perfectionnée, aspirante et foulante.

K, piston plein ou massif, appelé plongeur; *r*, corps de pompe; *s* (à droite) tuyau de refoulement; *a*, *b*, soupapes; *h*, tuyau d'aspiration; *f*, réservoir d'air; *c*, *d*, robinets.

Dans la pompe perfectionnée, le plongeur K, sans soupape, se meut dans le corps de pompe *r*. L'eau monte par le tuyau d'aspiration *h* dans le canal *c*, et puis — la soupape *a* étant fermée — rentre par la soupape *b* dans le tuyau de refoulement *s*. Si le plongeur descend, l'eau est fermée dans le tuyau de refoulement. Plus cette manœuvre se répète, plus il monte de l'eau dans le tuyau *s*, et cela indéfiniment, — suivant la force employée pour presser le plongeur K, — car à chaque coup de piston il faut soulever toute la colonne d'eau renfermée dans le tuyau *s*; *f* est la vis de réglage et *d* le robinet. Ces notions élémentaires doivent suffire pour comprendre les explications qui vont suivre au sujet du jeu des pompes de locomotive.

Pompe alimentaire. — La construction des pompes alimentaires est différente suivant les lignes. Si ces appareils ne fonctionnent pas constamment dans le service régulier, on les met hors d'action, en fermant l'eau du tender par un clapet, si le robinet du tuyau d'alimentation ne marche pas, ou si le tender doit être détaché de la machine.

La pompe aspirante et foulante décrite ci-dessus donne — si elle est placée en ligne horizontale — l'image de la pompe alimentaire.



Pompe alimentaire de la locomotive.
1/10 de grandeur naturelle.

E, excentrique ; D, tuyau d'introduction ; *ss*, tige du plongeur ; *b*, boîte à étoupes ; *k*, plongeur ; P, corps de soupape ; *d*, *v*, clapets sphériques ; S, tuyau de refoulement ; W, réservoir d'air.

Celle-ci est attachée à la boîte à feu; le piston étant mû par l'excentrique, sa course n'est pas longue ; on lui a donné alors un





Soupape de la pompe d'alimentation

diamètre relativement considérable, pour que l'eau nécessaire arrive en temps opportun; en plus, sa tige serait trop courte si on ne la prolongeait pas dans son intérieur même qui est creux; c'est là le plongeur. — Le tuyau d'aspiration S a une soupape *v*, et le tuyau de refoulement D une soupape *d*, dont voici les dispositions :

Une boule en laiton (pointillée) est la soupape sur son siège *ss;* elle fait l'office de clapet en fermant l'entrée de l'eau; si cette dernière afflue, elle soulève ce boulet dont la course est limitée par la chapelle, grillage en fer dont les fentes permettent la sortie de l'eau. C'est dans le réservoir W que se rassemblent l'air et la vapeur, et comme il est en contre-bas de l'eau du tender, ces fluides sont comprimés et aident à pousser l'eau dont le mouvement est rendu plus uniforme dans les divers conduits.

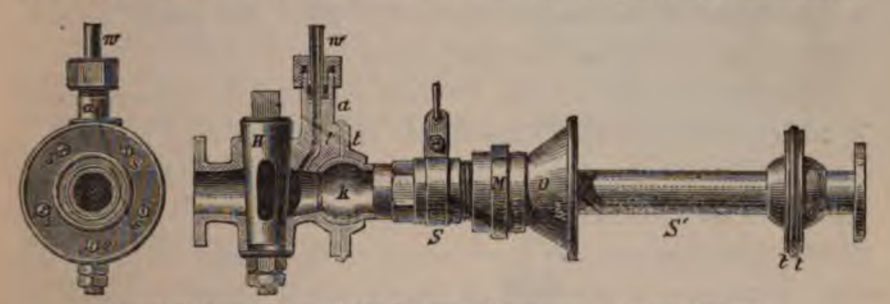


Robinet de fermeture de l'eau.

S'il devient nécessaire de séparer l'eau entièrement de toute la conduite, on applique près de la chaudière un robinet de fermeture A. Pour le cas où la vis *s* casse, on a recours aux vis de serrage *t* du plateau *p*.

Tuyau de jonction de la pompe alimentaire au tender. — Le tender ne doit pas être lié à la locomotive d'une manière fixe, sans quoi les courbes du chemin de fer ne pourraient pas être franchies; par conséquent la liaison entre le tube d'aspiration de la pompe attachée à la locomotive et le tender a lieu au moyen d'un tuyau en caoutchouc ou à rotule. Ce tuyau de jonction est en cuivre; il porte le robinet H qui ferme l'eau. Le raccord *a* reçoit le tube réchauffeur *w*. Sa flexibilité est obtenue par les deux charnières à rotule; les tubes S et S′ se terminent en sphère et sont mobiles dans toute direction entre les disques *tt* (à droite et à gauche). Le tube S′ est fourré dans le tube S par l'écrou qui se termine en entonnoir.

Le second modèle est plus simple. L'étanchéité du tuyau S est obtenue par un anneau en caoutchouc dont on voit la coupe en haut et



Tuyau de jonction à rotule de la pompe alimentaire. — Premier modèle.

SS', tuyaux terminés en sphère K ; H, robinet fermant l'eau ; W, tuyau réchauffeur ; *a*, raccord sous lequel passe le tuyau W ; *tt*, disques de serrage ; *ss*, vis de serrage ; M, écrou de serrage terminé en entonnoir *o*.

en bas de *r*, et qui est serré par l'écrou *m*. Dans la position oblique du tuyau, ces anneaux restent étanches, attendu que par leur élasti-



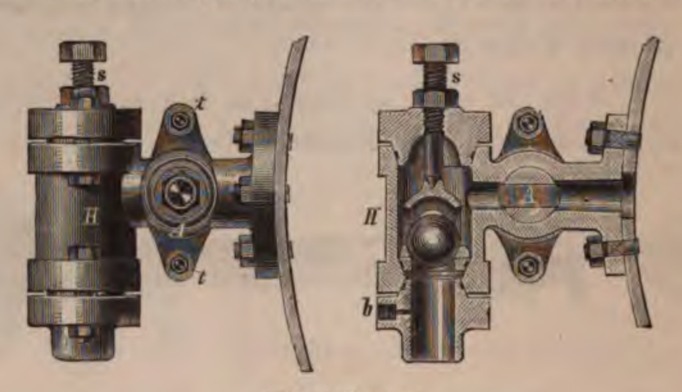
Tuyau de jonction de la pompe alimentaire. — Second modèle.

cité ils se compriment d'un côté et s'étendent de l'autre côté. La forme conique des pièces O empêche que le tuyau S*r* ne soit poussé contre les parois O et par conséquent rompu.

Robinet d'épreuve. — Le niveau de l'eau, dans le tube indicateur, n'indique ni assez rapidement ni assez sûrement si la pompe d'alimentation fonctionne bien. On a donc adapté en contre-bas de la chaudière un robinet d'épreuve que le mécanicien peut manœuvrer de sa place. Si la pompe travaille bien, l'eau s'écoule à intervalles égaux, car les coups de piston se suivent dans ces mêmes intervalles. Si du robinet d'épreuve il s'écoule de l'eau chaude ou de la vapeur, la soupape près de la chaudière n'est pas étanche ; ou encore, le boulet s'est attaché à sa chapelle. Quelques légers coups de

marteau suffisent pour le faire descendre ; sinon il faut, après avoir fermé le robinet de la chaudière, ôter le couvercle du récipient des soupapes pour examiner ces dernières. Du reste, en y prêtant quelque attention, on entend le bruit des boulets.

Il peut se présenter encore d'autres défectuosités qui empêchent la manœuvre des pompes alimentaires : les tuyaux sont obstrués et l'eau ne s'écoule plus du robinet d'épreuve ; il y a des fuites par les joints non étanches ; l'eau peut manquer dans le tender ; les soupapes dans le tender ne sont pas entourées de treillis et laissent passer des corps étrangers ; le couvercle du tender restant ouvert, la poussière, les escarbilles, les étoupes y tombent et rendent l'eau trouble ; enfin



Robinet d'épreuve.

H, enveloppe de la soupape ; A, valve ; s, vis de serrage de la chapelle ; b, orifice d'écoulement de l'eau ; t, vis de serrage des plateaux.

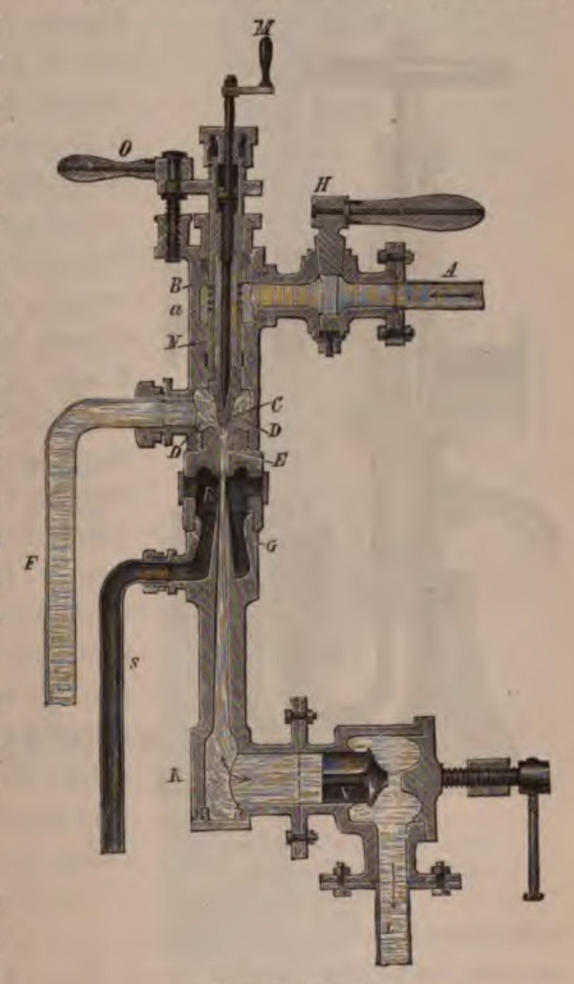
un corps de pompe se brise ; dans ce cas, le mécanicien doit enlever la bielle du plongeur et fermer le robinet d'eau. Si la pompe marche sans interruption, c'est que le clapet du tender est décroché ; on cesse alors l'alimentation.

Pour que de pareils accidents ne se produisent pas, il faut changer aussi souvent que possible les garnitures, nettoyer et roder les soupapes, et surtout boucher les fuites avec des feuilles de plomb recouvertes de mastic.

La pompe alimentaire ne peut pas, bien entendu, introduire l'eau dans la chaudière si la machine ne marche pas. Quelquefois on fait

courir celle-ci dans les voies de garage pour opérer l'alimentation. Les locomotives qui ont encore des pompes portent sur le côté de la chaudière une petite machine à vapeur dite : petit cheval, qui au besoin peut servir de pompe de réserve.

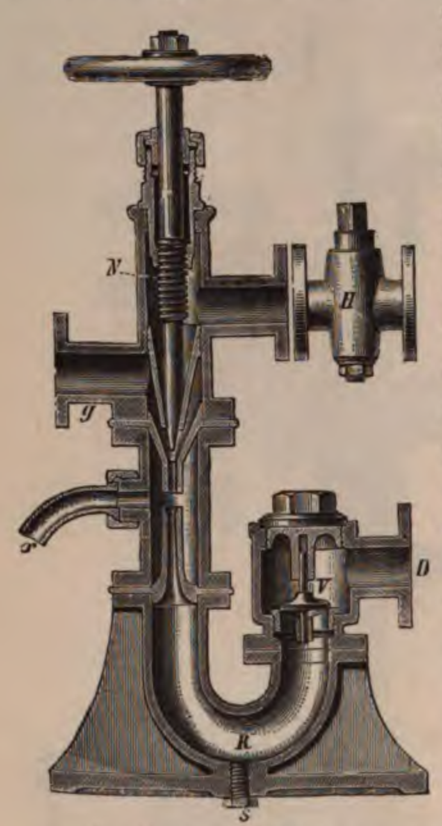
Injecteurs. — Ces curieux appareils, comparés aux pompes alimentaires, sont plus simples; leur prix d'acquisition, leurs frais de réparation et d'entretien sont moindres; leur fonctionnement est plus sûr, et il a lieu aussi bien en marche qu'au repos; ils fournissent l'eau chaude dans la chaudière; enfin ils ne demandent pas une surveillance très active. — Toutes ces qualités justifient la vogue dont ils jouissent. — Dans le principe, ils étaient en bronze ; aujourd'hui, ils sont presque toujours en fonte.



Premier modèle d'injecteur.
1/8 de grandeur naturelle.

Premier modèle d'injecteur. — La vapeur arrive par le tube A à droite et passe dans le tube BN à gauche. Ce tube se termine en tuyère ou embouchure conique C, et peut être fermé ou ouvert par l'aiguille N avec sa

manivelle M en haut ; l'introduction de la vapeur se trouve ainsi régularisée. Ce tuyau BN débouche dans une chambre DD, qui est en communication avec le tender par le tuyau d'aspiration F à gauche. Cette chambre finit aussi en tuyère ou embouchure conique E, et correspond à une autre tuyère à gauche de G. — Maintenant, pour mettre cet appareil en action, on ouvre le robinet H en haut, et on remonte l'aiguille N par la manivelle M. L'embouchure C est alors ouverte et la vapeur passe dans la chambre DD avec une véhémence telle que le vide s'y produit et que l'eau s'y précipite par le canal F. En donnant plus de vapeur, l'eau est entraînée. Comme la vapeur se condense, il sort de l'ouverture E un jet d'eau qui traverse l'espace libre R, passe dans le tube G, ouvre la soupape V et entre ainsi, par le tube L (tout en bas), dans la chaudière. — Le tube B qui est mobile permet de régulariser par la manivelle O (en haut) l'introduction de l'eau. Lors de la mise en train de l'injecteur, l'eau se rassemble dans l'espace R ; il faut la faire écouler par le tuyau de décharge S.



Deuxième modèle d'injecteur.
1/8 de grandeur naturelle.

Autrefois on perçait des ouvertures vis-à-vis de R pour voir passer le jet d'eau. La curiosité étant satisfaite, on ne fabrique plus que des tuyaux pleins.

Tel est l'injecteur Giffard primitif, qui a fait son apparition il y a près de vingt-cinq ans. On l'a simplifié depuis ; on y a même enlevé l'aiguille et son tuyau. Nous allons examiner quelques types de nou-

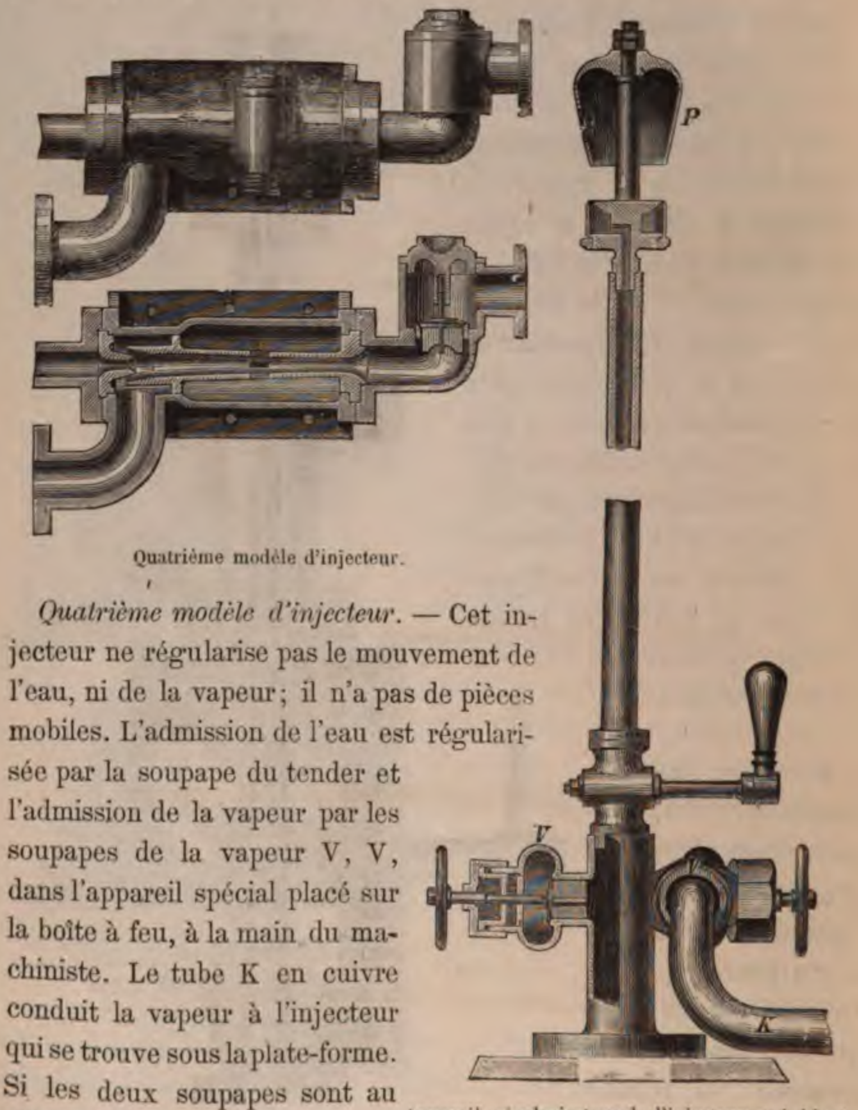
veaux injecteurs, et passer — contrairement à la logique, ainsi qu'on l'a déjà fait remarquer — du composé au simple.

Deuxième modèle d'injecteur. — Le tuyau de vapeur H est presque toujours ouvert, attendu que l'aiguille N régularise l'introduction de la vapeur. A l'ajutage *g* s'adapte le tuyau d'aspiration, et à D le tube de refoulement; V est la soupape d'introduction. Cet injecteur se trouve sur la plate-forme près du mécanicien qui ouvre la soupape du tender et remonte l'aiguille aussi longtemps que l'eau s'écoule par le tuyau de décharge *r*. Dans le tuyau R se dépose la boue ou tartre, en termes d'atelier, qu'on évacue en tirant la vis *s*.

Troisième modèle d'injecteur.
1/8 de grandeur naturelle.

Troisième modèle d'injecteur. — Cet injecteur est placé sous le mécanicien. L'introduction de l'eau est régularisée par la tuyère B qui par le disque échancré peut être avancée ou reculée avec la manivelle *n*; l'espace de l'introduction de l'eau par *g* est ainsi augmenté ou diminué. Le tuyau *r* est muni d'une soupape ouverte vers l'extérieur et

qui laisse fonctionner l'injecteur. Si, en tirant le levier h, le mécanicien ferme la soupape, ce fonctionnement cesse. La vapeur entrant au point H passe par le tube d'aspiration g dans le tender.

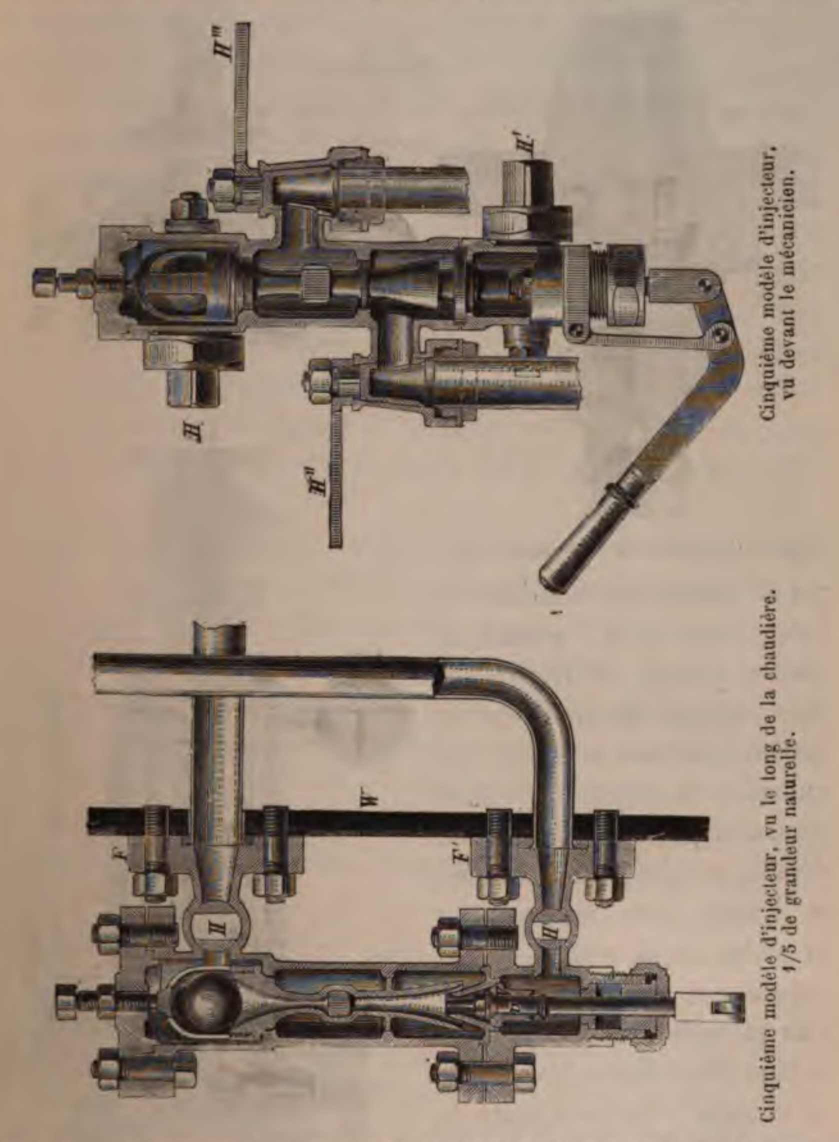


Quatrième modèle d'injecteur.

Appareil régularisateur de l'injecteur précédent. 1/6 de grandeur naturelle.

Quatrième modèle d'injecteur. — Cet injecteur ne régularise pas le mouvement de l'eau, ni de la vapeur; il n'a pas de pièces mobiles. L'admission de l'eau est régularisée par la soupape du tender et l'admission de la vapeur par les soupapes de la vapeur V, V, dans l'appareil spécial placé sur la boîte à feu, à la main du machiniste. Le tube K en cuivre conduit la vapeur à l'injecteur qui se trouve sous la plate-forme. Si les deux soupapes sont au milieu de la chaudière, on y raccorde le sifflet P, que nous trouverons décrit dans tous ses détails, vers la fin de ce chapitre, page 82.

Cinquième modèle d'injecteur. — Cet injecteur est appliqué contre la chaudière W devant le chauffeur qui peut, à tout instant, en véri-



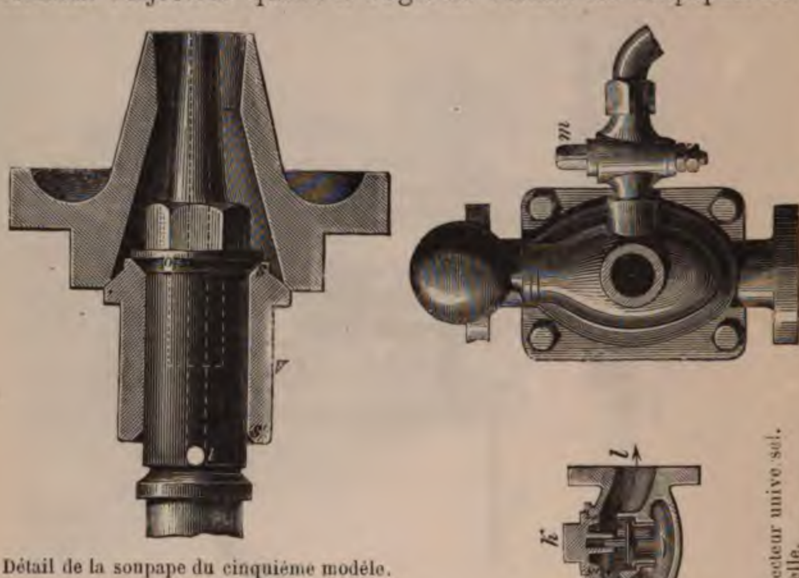
Cinquième modèle d'injecteur, vu devant le mécanicien.

Cinquième modèle d'injecteur, vu le long de la chaudière. 1/5 de grandeur naturelle.

fier les mécanismes. Cet appareil est tant soit peu compliqué ; aussi avons-nous cru devoir en donner deux vues.

Les vis F, F′ au milieu, en haut et en bas, serrent en même temps les

joints des pompes d'alimentation et de vapeur. Les robinets H et H' ferment l'injecteur quand il s'agit de vérifier les soupapes. Le cla-



Détail de la soupape du cinquième modèle.

Coupe suivant la ligne *ab*.

Sixième modèle d'injecteur, dit injecteur universel. 1/5 de grandeur naturelle.

f, tuyau d'aspiration de l'eau; *l*, tuyau de refoulement de l'eau; *c*, tuyau de vapeur; *gh*, tuyère de la vapeur; *i*, réservoir d'air; *k*, soupape.

pet H'' régularise l'admission de l'eau; celui de H''' permet de laisser écouler le trop-plein. Pour mettre cet injecteur en action, on abaisse le levier, tout en bas, et la soupape *v'* se lève de son siège *s'* (voir le dessin de détail à une plus grande échelle), et il passe dans l'injecteur par la petite ouverture *l* un jet de vapeur qui suffit pour raréfier l'air et aspirer l'eau. En pressant le levier encore davantage, la soupape *v* se place contre le siège *s* de la soupape principale V, l'ouvre et l'alimentation a lieu. Le mécanicien reconnaît par la résistance de la vapeur le mouvement des soupapes.

Sixième modèle d'injecteur dit : injecteur universel. — Il est composé de deux parties. La première — comprenant les tuyères d'eau *g*, et de vapeur *e* — reçoit l'eau par le tuyau *f*, et la transmet à la seconde partie — composée également de la tuyère d'eau *h* et de la tuyère de vapeur *a*. — Cette seconde partie qui est le véritable injecteur refoule l'eau dans la chaudière ; *c* est le tube de vapeur et *i* un réservoir d'air destiné à amortir les chocs de la machine sur le jet d'eau. Tous ces mécanismes peuvent être visités facilement.

Avec l'augmentation de la tension de la vapeur, la première partie pousse dans la seconde une quantité d'eau toujours croissante, de façon que l'injecteur se régularise lui-même, ce qui offre pour le service une grande commodité ; il est toujours amorcé avec le robinet du tender entièrement ouvert. Le robinet *m* est fermé dès que la vapeur est arrivée en plein. — La construction difficile et assez coûteuse de cet appareil est compensée par la grande sécurité qu'il offre.

Il est indispensable que le mécanicien prenne pour règle d'employer alternativement les deux injecteurs, afin de se rendre un compte exact de leur fonctionnement normal ; il est alors peu probable que les deux appareils à la fois s'y refusent. Si cela arrive, c'est parce que l'un des injecteurs n'a pas été pendant longtemps en exercice, et que les garnitures se sont trouvées en mauvais état ou les tuyaux d'aspiration bouchés, — défauts échappés aux surveillants. — Si la rupture de quelques pièces offre le moindre danger, on doit s'arrêter et attendre la machine de secours.

§ 2. — LES APPAREILS D'INDICATION DU NIVEAU DE L'EAU DANS LA CHAUDIÈRE.

La surface de chauffe doit constamment être touchée par l'eau, sans quoi elle devient incandescente — reçoit un coup de feu — et ne peut plus résister à la pression de la vapeur ; c'est là une des causes d'explosion. Il faut même pour plus de sûreté que le niveau réel de l'eau dépasse de $0^m,1$ la limite de cette surface de chauffe. Le méca-

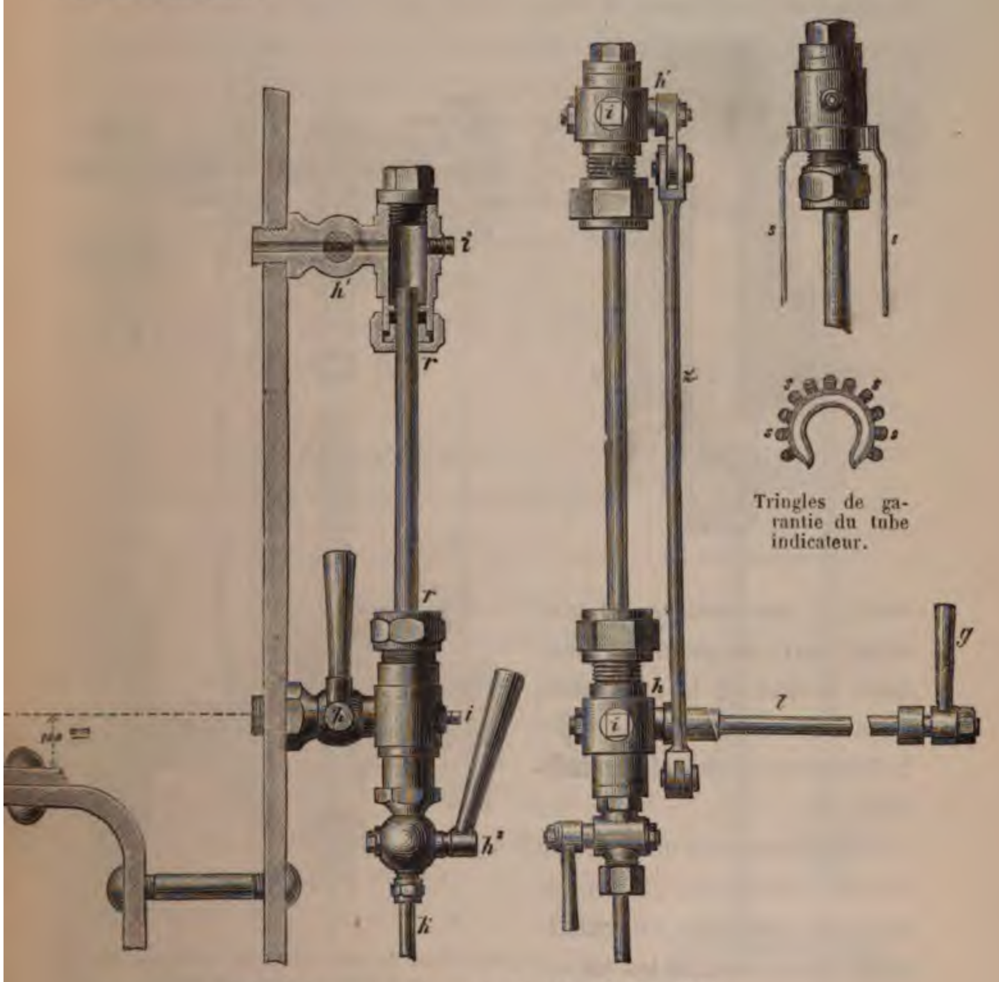
nicien sait distinguer le niveau réel du niveau apparent. Ce dernier se produit lors de l'ouverture du régulateur ; une partie de la vapeur s'en va ; la pression de celle qui reste devient moindre, et l'eau entre en ébullition, tandis qu'auparavant la vapeur se formait à la surface de l'eau, — s'en séparait par couche, — et ce sont ces milliers de bulles de vapeur qui augmentent le volume de l'eau et haussent son niveau. Le paradoxe de l'eau qui monte, quoique sa quantité reste la même, se trouve donc expliqué. Ce phénomène peut être observé dans une bouteille de liquide mousseux : dès qu'on la débouche, le liquide déborde.

Donc, quand la machine marche, elle indique le niveau apparent ; il faut alors veiller à ce que l'eau ne descende pas trop, afin que — le régulateur venant à être fermé — le plafond de la boîte à feu ne soit pas mis à nu.

Une situation semblable se présente quand la machine gravit une rampe : elle penche en arrière, et l'eau se maintient près du foyer jusqu'au moment de la descente sur une pente où le liquide se précipite à l'avant. Le manque d'eau à la boîte à feu peut se produire d'une manière d'autant plus sensible que dans le passage d'une rampe à une pente il faut — afin de régler la vitesse — fermer le régulateur, et alors le niveau réel apparaît. — Pour le reconnaître, on a recours à des appareils dont voici la description.

Tube indicateur du niveau de l'eau. — Les deux robinets *h'h* sont vissés dans la paroi de la boîte à feu, et reliés par un tube en verre *r*, *r*. Le robinet supérieur se trouve au niveau le plus haut, le robinet inférieur au niveau le plus bas de l'eau. S'ils sont ouverts tous les deux, le niveau de l'eau de la chaudière est indiqué aussi dans le verre, ce qui est élémentaire. Il y a encore un troisième robinet h^2 qui sert à désobstruer les conduits des robinets *h* et *h'* et le tube en verre, car dès qu'on ouvre le robinet *h* l'eau bouillante et la vapeur sortent avec véhémence du tuyau *k* et s'écoulent sous les pieds du mécanicien. En enlevant les vis *i* et *i'* en haut et en bas à droite, on peut par un fil de métal faire disparaître les obstructions qui auraient ré-

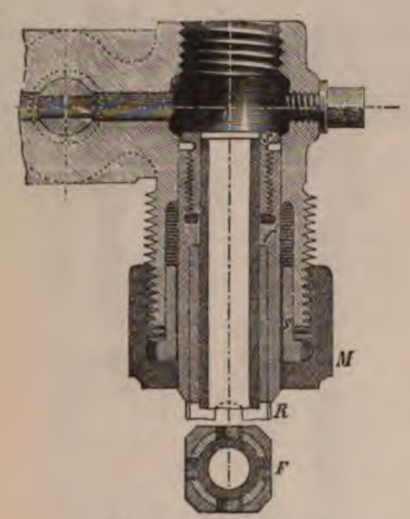
sisté à la première vidange. — Au lieu d'ouvrir les deux robinets *h'*, *h* l'un après l'autre, le mécanicien peut les manœuvrer à la fois par la manette *g* reliée par l'arbre *l* à la tringle *z*, tel que la figure le fait voir clairement.



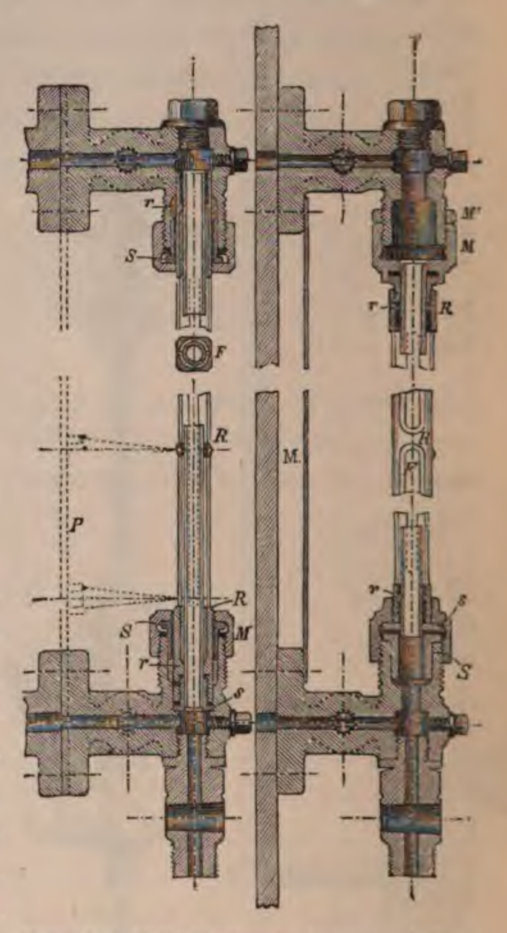
Tube indicateur du niveau de l'eau dans la chaudière, 1/5 de grandeur naturelle.

Ce tube en verre joue un grand rôle dans la conduite de la locomotive ; le verre doit être très solide ; on le fait cuire dans de l'huile et on l'y laisse refroidir. On le met dans une enveloppe métallique

pour le garantir du vent, de la neige et de tout refroidissement; il va sans dire que cette enveloppe a une fente tournée vers le mécanicien. Le tube a aussi un grillage de garantie formé de tringles *s,s* en fer; enfin on lui donne aussi sa petite lanterne. Si, malgré ces pré-



Tube replacé dans ses écrous.



Disposition du tube indicateur du niveau de l'eau.
1/5 de grandeur naturelle.

cautions minutieuses, ce précieux verre se cassait, il faudrait, avant de le remplacer, fermer les deux robinets supérieurs et ouvrir le robinet inférieur h^2.

Pour remplacer un tube, on dévisse les écrous F, M, on remet des rondelles en caoutchouc et on resserre les écrous après les avoir mastiqués. Quand le nouveau verre est remis en place, on ouvre le robinet de vapeur h', puis le robinet d'eau h, et on ferme le robinet h^2. Ces tubes durent pendant plusieurs mois et ne sont brisés que par des accidents extérieurs.

Robinets de jauge. — Ces robinets étagés — au nombre de trois — sont indispensables, si la chaudière n'a qu'un seul tube. Quand on les ouvre, c'est l'eau ou la vapeur qui s'en écoule. Le robinet inférieur doit toujours laisser écouler de l'eau. Si les robinets ne laissent rien écouler, ni eau ni vapeur, c'est qu'ils sont obstrués; il faut les dégager avec des fils de fer, dès que la machine est retournée au dépôt.

On fait rarement usage de ces robinets; on n'y a recours que quand le tube indicateur fait défaut. Les mécaniciens n'aiment pas ces petits appendices, qui la plupart du temps fonctionnent mal.

§ 3. — LES APPAREILS D'INDICATION DE LA PRESSION DE LA VAPEUR DANS LA CHAUDIÈRE.


Baromètre de démonstration.

Pour faire comprendre la haute importance de la mesure des pressions de la vapeur au moyen de la pression de l'air atmosphérique, nous croyons utile de rappeler quelques principes de physique qui servent de base à cette évaluation.

L'air est un corps, donc il a un poids, et ce poids pèse sur tous les corps environnants; c'est ce qu'on nomme la pression de l'atmosphère, laquelle peut être appréciée de la façon suivante. Prenons un vase rempli de mercure, plongeons-y un tube vide; l'air atmosphérique pressera sur la surface du mercure et le fera monter dans ce tube. Il n'est pas nécessaire de procéder ainsi, car il faudrait disposer d'une machine pneumatique, ou pompe à air, pour vider ce tube. On le remplit alors entièrement de mercure, on le bouche en bas avec le doigt, — naturellement il est fermé en haut, —

on le renverse dans le verre et le mercure descend jusqu'à une distance de 0m,76 de sa surface. La colonne de ce métal liquide fait équilibre à la colonne d'air. Or, comme 1 mètre cube d'air pèse 1 kilog. 3 (en chiffres ronds) et comme 1 mètre cube de mercure pèse 13,500 kilogrammes, ou 10,000 fois plus que l'air, il en résulte qu'une colonne de mercure de 0m,76 de hauteur ferait équilibre à une colonne d'air de 7,600 mètres de hauteur, si....... l'air avait — comme le mercure — un poids constant; mais l'air, — plus il s'élève dans les régions célestes, — devient léger et, soit dit en passant, ne suffit plus à la respiration; les oiseaux et les voyageurs en ballon — les aéronautes — savent cela.



Baromètre à mercure.

Quelle est la hauteur exacte de l'atmosphère? Dieu seul le sait, et les savants, qui établissent leurs calculs sur des suppositions, sont d'avis que cette hauteur est de 38 kilomètres.

La colonne de mercure de 0m,76 de hauteur qui aurait 1 centimètre carré de section pèserait 1 kilog. 03, et la colonne d'air céleste de 38 kilomètres pèserait le même poids. Nous portons sur notre tête 1,03 kilogramme par centimètre carré, ce qui ne nous gêne nullement, à cause de la contrepression, et nous ne sentirions ce poids énorme que si notre tête était vide — physiquement parlant, bien entendu.

Du baromètre théorique on a procédé au baromètre pratique, dont nous avons donné ci-dessus le dessin à l'intention des lecteurs non parisiens, car il y a de ces instruments à chaque coin de rue dans la capitale, dite du monde civilisé.



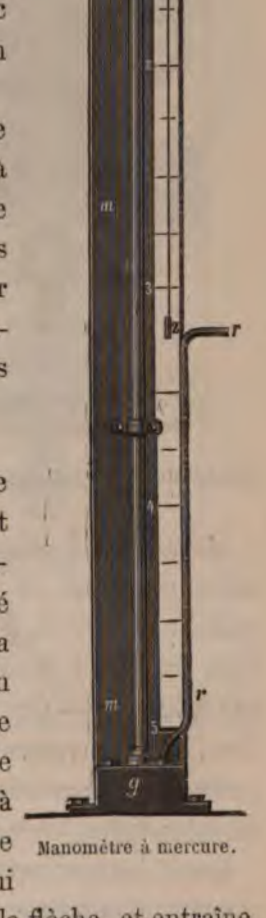
Figure de démonstration du manomètre.

r, tube d'introduction de la vapeur; *gg*, niveau du mercure.

Manomètre à mercure. — L'inspection de la figure fait voir que, si la vapeur presse sur le mercure, celui-ci monte dans le tube droit; si

c'est à une hauteur de 0m,76, il y a 1 pression d'atmosphère; à deux fois 0m,76, 2 atmosphères, et ainsi de suite. — En partant de cette donnée, on a construit le manomètre libre ou à mercure. Le fluide entré par le tube d'introduction *r* fait monter le mercure dans le tube *g* fixé à la planchette graduée *mm*. Dans ce tube et sur le mercure flotte un poids attaché à une ficelle qui passe sur la roulette *t* tout en haut; au bout de la ficelle est le contrepoids *z*, qui monte ou descend suivant la pression qu'il indique avec toute l'exactitude voulue. La graduation de l'échelle est donc l'inverse des autres graduations: plus la pression monte, plus le contrepoids descend.

On a dû voir par la description du manomètre à mercure et à air libre que cet instrument, à cause de sa grande hauteur, ne peut pas être appliqué aux locomotives ; on s'en sert dans les ateliers pour tarer les autres manomètres ou pour les machines fixes. Sur les locomotives, on emploie des manomètres à ressort dont voici les plus usités.



Manomètre à mercure.

Manomètre Bourdon. — Dans la capsule A se trouve le tube *aa* en laiton, à section ovale et recourbé. Le côté droit est fermé et le côté gauche est ouvert; il est entièrement libre, sauf le côté ouvert,et fixé au tuyau *r* qui communique avec la chaudière par un double coude rempli d'eau, afin que la vapeur, par sa haute température, n'altère pas ce tube délicat. Dès que l'eau sur laquelle presse la vapeur entre dans le tube, elle tend à en modifier la forme ; la section elliptique se gonfle, et le tube se redresse. Son bout *e*, qui est libre, fait un mouvement dans la direction de la flèche, et entraîne

par la charnière *c* le levier L qui a son point de rotation en *o*. La crémaillère *s* fait tourner la petite roue *r* et avec elle l'aiguille *z* qui indique sur le cadran les diverses pressions en atmosphères ou en kilogrammes par centimètre carré.

Cet instrument est parfait en théorie. Dans la pratique, on y avait reconnu plusieurs inconvénients : le tube étant très étroit se remplissait, à la longue, de vase que l'eau dépose, sa mobilité diminuait et ses indications étaient devenues fort lentes, à moins qu'elles ne fussent inexactes. En outre, l'eau pouvait y geler et le faire éclater. M. Eugène Bourdon a trouvé moyen d'obvier à ces inconvénients, et voici de quelle façon cet habile constructeur s'y est pris : il a ajouté au-dessous du manomètre un diaphragme en caoutchouc, puis il a rempli avec de l'alcool le tube recourbé de telle façon que la vapeur condensée ne puisse exercer sa pression que sur le diaphragme sans jamais pénétrer dans l'intérieur de l'instrument.



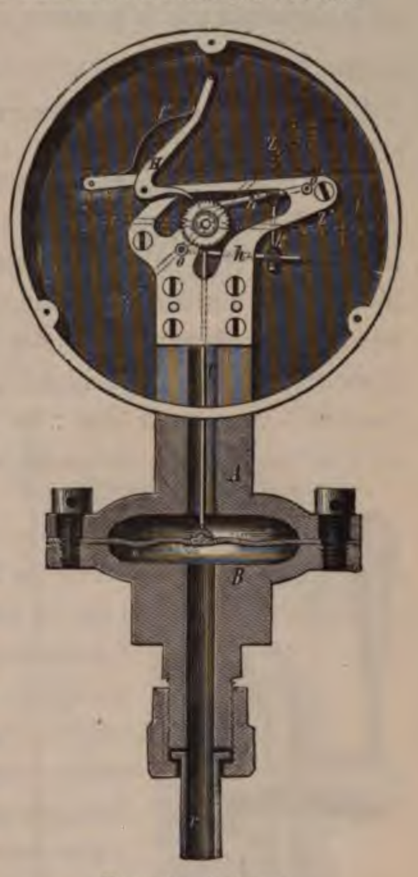
Manomètre Bourdon.
Moitié de grandeur naturelle.

Manomètre à plaque. — Il se compose de deux parties A et B, entre lesquelles se trouve une plaque ondulée en acier; la vapeur presse sur cette plaque et la pousse en haut. Par la légende, on se rend facilement compte de la transmission du mouvement produit par la vapeur. — Cet instrument est encore plus délicat que le précédent. Les mouvements de la plaque sont très faibles, et si les organes de transmission n'ont pas été travaillés avec une précision mathématique, leurs indications sont fausses.

Quand les manomètres ne fonctionnent pas, le mécanicien se rend compte de la pression par le jeu des soupapes de sûreté. Dès que les

soupapes ne soufflent pas, le son du sifflet et les coups du tuyau d'échappement donnent à une oreille exercée l'indication voulue.

Manomètre contrôleur. — L'expérience ayant appris que les mécaniciens augmentent souvent la pression de la vapeur, on a cherché le moyen de les en empêcher. Ce moyen consiste à les soumettre à un contrôle par l'adjonction d'une seconde aiguille dont l'indication arrivée au maximum reste fixe, c'est-à-dire : l'aiguille une fois poussée ne peut plus reculer quand même la pression diminue.



Manomètre à plaque.
Moitié de grandeur naturelle.

ss, plaque en métal ou en caoutchouc serré entre les deux vis ; *r*, tuyau d'introduction de la vapeur ; *t*, tige de transmission du mouvement de la plaque ; H, rochet avec son ressort *f*; *hh'*, leviers de transmission du mouvement de la tige *t*; K, tige de levier ; Z, aiguille fixe.

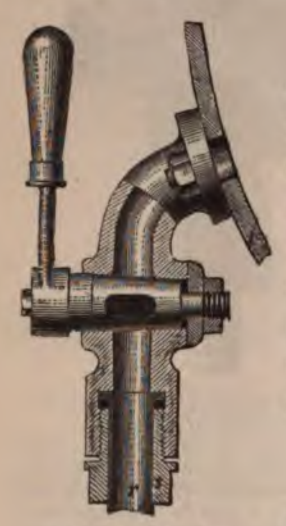
A cet effet, l'axe de l'aiguille *z* (pointillée) porte une seconde aiguille *z'* munie d'une petite roue à rochet ; cette aiguille est libre ; quand l'axe tourne, elle ne bouge pas. On la place au point de la pression permise. L'aiguille *z* est munie d'une petite pointe qui pousse l'autre aiguille en avant ; donc, si l'aiguille *z* dépasse le maximum, la seconde aiguille suit ce mouvement. Maintenant, si la pression diminue, la première aiguille avec tout son mécanisme recule, mais la seconde aiguille ne peut plus la suivre, elle en est empêchée, comme nous venons de le dire, par la roue à rochet et le doigt H que presse le ressort *f*.

Pour ne pas pouvoir cacher l'indication réglementaire qui a été dépassée, on a fermé à clé la capsule dans laquelle le manomètre est en-

fermé. Il va sans dire qu'il ne doit pas se trouver entre ce manomètre et la chaudière un robinet que le mécanicien n'aurait qu'à fermer dès qu'il s'aperçoit que la pression commence à augmenter.

§ 4. — LES APPAREILS DE SURETÉ POUR L'ÉCHAPPEMENT DE LA VAPEUR.

Toute chaudière à vapeur est timbrée ; une plaque en laiton fixée sur son front indique la pression maximum en kilogrammes par centimètre carré, ou en atmosphères, qu'il lui est permis de supporter. Si la vapeur a atteint ce maximum, il est difficile d'en arrêter le développement, à moins de jeter rapidement le feu. Pour se garantir d'une explosion, les chaudières possèdent des dispositions qui retirent l'excès de vapeur ; ce sont : les robinets réchauffeurs, les rondelles ou bouchons fusibles, et les soupapes de sûreté.



Robinet réchauffeur.

Robinet réchauffeur. — Comme on doit se servir de l'excédent de vapeur pour chauffer l'eau du tender, on fait passer la vapeur par le robinet réchauffeur auquel est adapté le tube *r* en cuivre serré par la vis de fermeture *s*. La vapeur entre par le corps des pompes aspirantes dans le tender, ou encore on la laisse échapper quand le niveau de l'eau est au point réglementaire, ou quand l'eau d'alimentation est suffisamment chauffée.

Bouchons fusibles. — Les bouchons en métal fusible sont enchâssés dans des bouchons en cuivre vissés dans le ciel du foyer pour le garantir des coups de feu. Si le niveau de l'eau vient à baisser et laisse le foyer à découvert, le plafond en pourra être défoncé. Dans ce cas, l'alliage fusible, ou simplement le plomb, se liquéfie et donne issue à la vapeur. Cette espèce de soupape a cela de bon qu'elle rend le mécanicien très attentif.

On emploie toujours plusieurs de ces bouchons, car il peut arriver que l'un d'eux se couvre de tartre et puisse fondre sans laisser passer la vapeur.

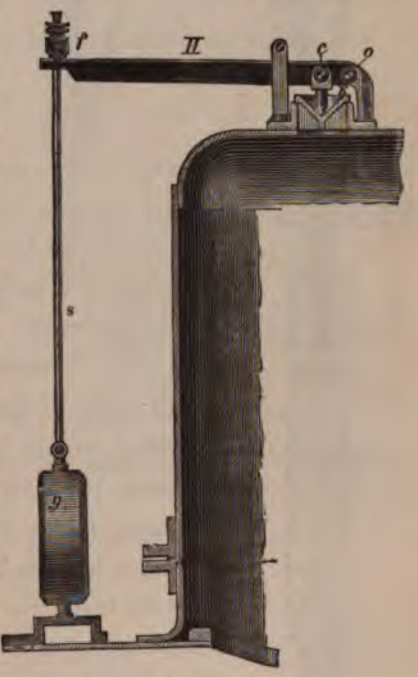
Soupapes de sûreté. — Les soupapes de sûreté servent à laisser



Principe de construction de la soupape.

V, soupape ; G, boîte de la soupape ; *rr*, siège de la soupape ; *aa*, ailes ou guides de la soupape ; *s* (figure à droite), tige de guide ; *r*, rondelle de guidage.

échapper — sans l'intervention du mécanicien — la vapeur dont la force dépasse la pression réglementaire ; elles l'indiquent, quand elles soufflent, et font ainsi l'office de manomètre parlant.

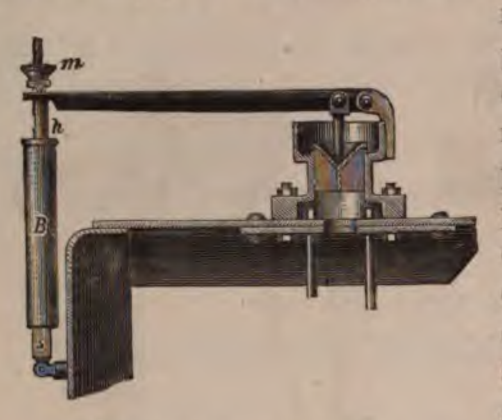


Soupape à charge indirecte.

H, levier ; *o*, son point de rotation ; *c*, point d'appui de la tige de soupape ; *g*, poids fixe ; *s*, tige de suspension de ce poids ; *f*, ressort devant amortir les chocs verticaux de la machine.

Pour établir une soupape, on fait dans la chaudière en haut un trou ; sur ce trou on met une plaque et sur celle-ci des poids correspondant à la pression réglementaire, — c'est ce qu'on appelle la charge directe ; — dès que cette pression est dépassée, la vapeur soulève la plaque, renverse les poids et s'échappe ; c'est une espèce d'explosion. La figure ci-dessus indique suffisamment de quelle manière la soupape soulevée reprend sa place.

Soupape à charge indirecte. — La charge directe ne peut pas s'appliquer aux locomotives, il faudrait des poids énormes. On se sert alors de soupapes avec leviers qui constituent la soupape à charge indirecte. On voit qu'entre les points H et *c* se trouvent deux guides verticaux qui maintiennent le levier en place. De toutes les soupapes, celle-ci laisse le moins de champ à une surcharge qui serait trop visible ; cependant elle est peu répandue, à cause des trépidations auxquelles le contrepoids est soumis.



Soupape avec ressort en spirale.

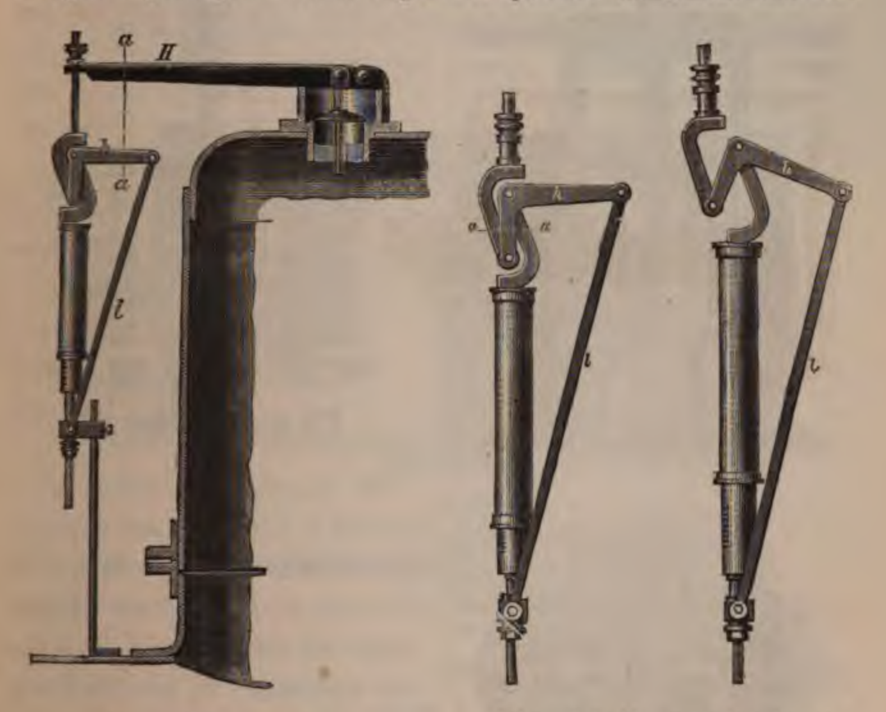
Soupape avec ressort en spirale, dite balance. — Sur les deux dessins on voit la boîte B qui renferme un ressort en spirale dont la tension est réglée par l'écrou *m*. Le ressort est attaché à une pièce fixe graduée *s*. Pour éviter la surcharge, on a placé sous le levier un tube *h* qui maintient l'écartement voulu. Si cette soupape se lève, elle tend le ressort dont la résistance ou charge augmente, ce qui évidemment est une faute. Il faut donc, pour que la soupape fonctionne correctement, que sa charge diminue en même temps que la pression, ou, en d'autres termes, il faudra raccourcir successivement le bras du levier du ressort, — sa charge devant rester au-dessous du timbre.

Traduire par des mécanismes ce principe est un problème trop dispendieux pour qu'on ait cherché, après des essais infructueux, à le résoudre pratiquement. Nous allons néanmoins en donner un spécimen.



Détail de la balance.

Balance avec double suspension. — Dans ce modèle, la pression du levier H sur la soupape reste la même, par le jeu du levier coudé *h* et la tige de guidage *l*. Cette disposition permet facilement une sur-



Balance à double suspension.

Balance à double suspension ci-contre dans ses diverses positions.

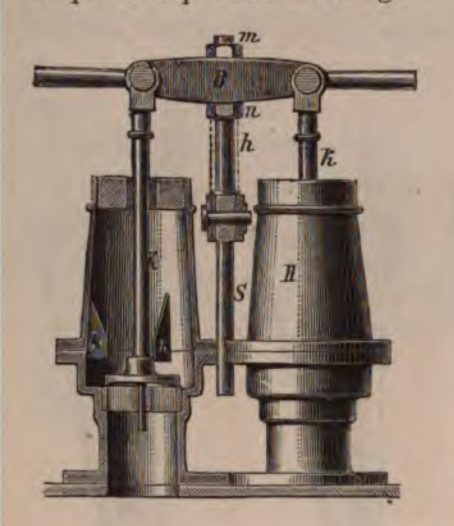
charge : le chauffeur n'a qu'à mettre autour des leviers un fil de fer *aa*, qu'il enlève prestement s'il voit venir quelque agent contrôleur.

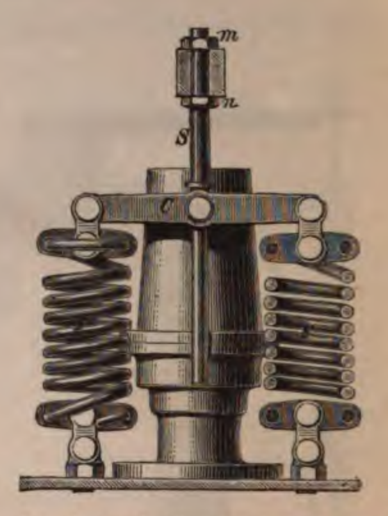
Ce système étant trop compliqué, on a eu recours à des artifices basés sur d'autres théories, et voici le résultat auquel sont arrivés MM. les ingénieurs Adams et Ramsbottom.

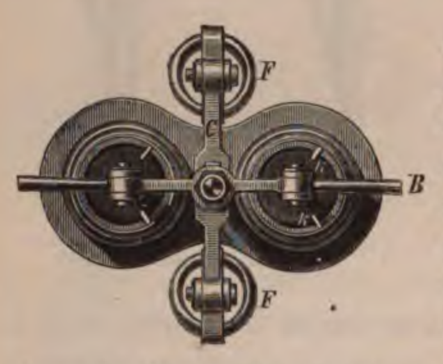
Soupape Adams. — Elle est usitée en Amérique. Sa face inférieure est élargie par un rebord dans lequel est creusée une rigole ; la vapeur y souffle et maintient la soupape à la hauteur voulue.

Soupape Ramsbottom (premier modèle). — Les constructeurs ont

toujours cherché à réaliser la soupape parfaite ; ce serait celle qui ne pourrait pas être surchargée.







Soupape Ramsbottom. — Premier spécimen. 1/10 de grandeur naturelle.

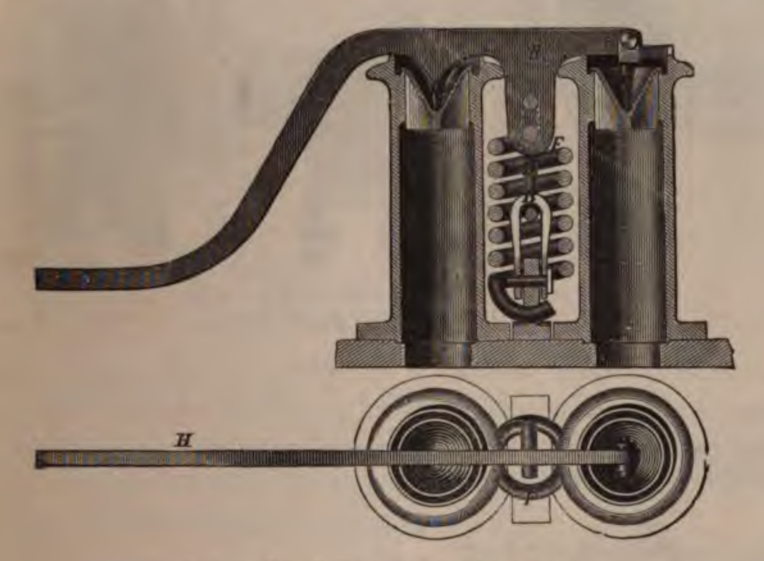
KK, tiges de suspension du balancier B lequel est réglé par l'écrou *m* dont la surcharge est empêchée par l'écrou contrôleur *n* ou par la douille *h* (ponctuée) ; S, tige centrale de suspension du balancier.

M. Ramsbottom espère avoir atteint ce but ; voici son appareil. Au balancier C sont attachés les ressorts F qui agissent directement sur les soupapes, ce qui est un avantage, vu que les transmissions par leviers se détraquent facilement. L'augmentation de tension des ressorts est très faible — à cause de leur longueur. — Pour le cas de rupture des ressorts, on a coulé dans la boîte des soupapes H des ailes *kk*, qui empêchent les soupapes d'être projetées en l'air.

Si M. l'ingénieur Ramsbottom a cru imaginer une soupape inchargeable, il s'est évidemment trompé. Il n'a qu'à introduire lui-même un morceau de bois ou de fer entre les ailes, et il verra que sa soupape est calée.

Examinons maintenant s'il a mieux réussi dans son second modèle.

Soupape Ramsbottom (second modèle). — Les deux soupapes K sont pressées par le ressort F et le levier H. Les brides B'B retiennent le levier et les soupapes en cas de rupture du ressort. Si en pesant



Soupape Ramsbottom. — Second spécimen.
1/10 grandeur naturelle.

sur le levier le mécanicien charge une soupape, il décharge l'autre. Pour caler les soupapes, on n'a qu'à pousser un coin entre ces brides.

§ 5. — LES APPAREILS DE VIDANGE DE LA CHAUDIÈRE.

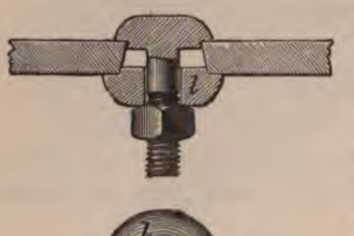
Pour pouvoir visiter ou réparer la chaudière, il faut la vider, puis la nettoyer, la laver. A cet effet, elle est munie de deux robinets de vidange et de trous avec bouchons ou tampons; dès qu'ils sont ouverts, il faut aussi ouvrir le régulateur, de même que les robinets purgeurs des cylindres, pour que l'air puisse entrer dans le corps cylindrique et l'eau en sortir.

Fermeture des trous de vidange. — Dans le premier spécimen, la vis en cuivre doit avoir un pas très fin, attendu que la paroi de la chaudière n'est pas très épaisse, à moins qu'on n'y soude une plaque de fer.



Spécimens de fermeture des trous de vidange.
1/8e de grandeur naturelle.

Dans le deuxième modèle, la fermeture est intérieure ; la vapeur presse la plaque contre la paroi, ce qui est avantageux, en ce sens qu'en cas de rupture de la vis d'attache un subit écoulement de l'eau ne peut pas avoir lieu, comme avec le troisième modèle. — Dans le quatrième modèle, c'est une plaque à vis *l* qui remplace la bride précédente.



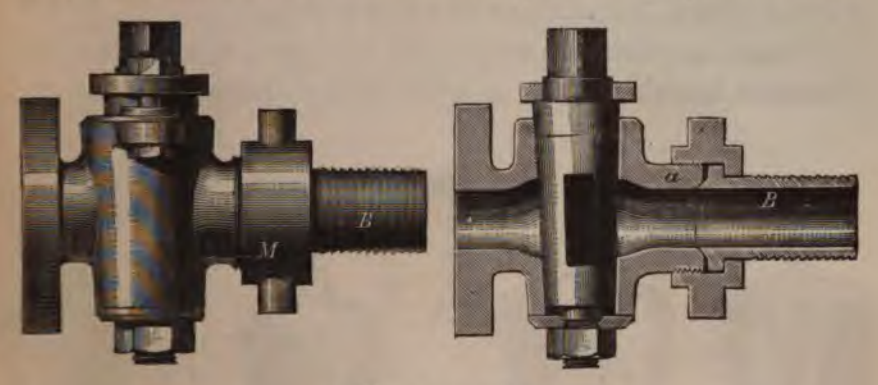


Fermeture du trou de vidange avec deux plaques.
1/4 de grandeur naturelle.

Ces plaques de fermeture sont rendues étanches par l'interposition de toiles graissées, de plaques en caoutchouc ou de chanvre avec mastic, qui doivent être changés à chaque lavage. Si malgré cette précaution il y avait encore des fuites, il faudra se servir de petits coins en bois enfoncés entre la plaque et la chaudière ; le bois se gonfle et presse davantage.

Robinets des tuyaux d'eau.—Les robinets de vidange servent aussi au remplissage de la chaudière. On y adapte un raccord destiné au

vissage du tuyau d'eau qui est en caoutchouc ou en forte toile et entouré d'un fil d'acier. Le caoutchouc est plus durable que la toile ; il



Robinet de tuyau d'eau.

a, ajutage ; B, raccord ; M, écrou de serrage.

ne fait pas de plis, mais coûte plus cher.

S'il arrive que dans les dépôts la machine n'approche pas assez du réservoir, il faut raccorder les deux tuyaux, tels que la figure ci-contre l'indique.



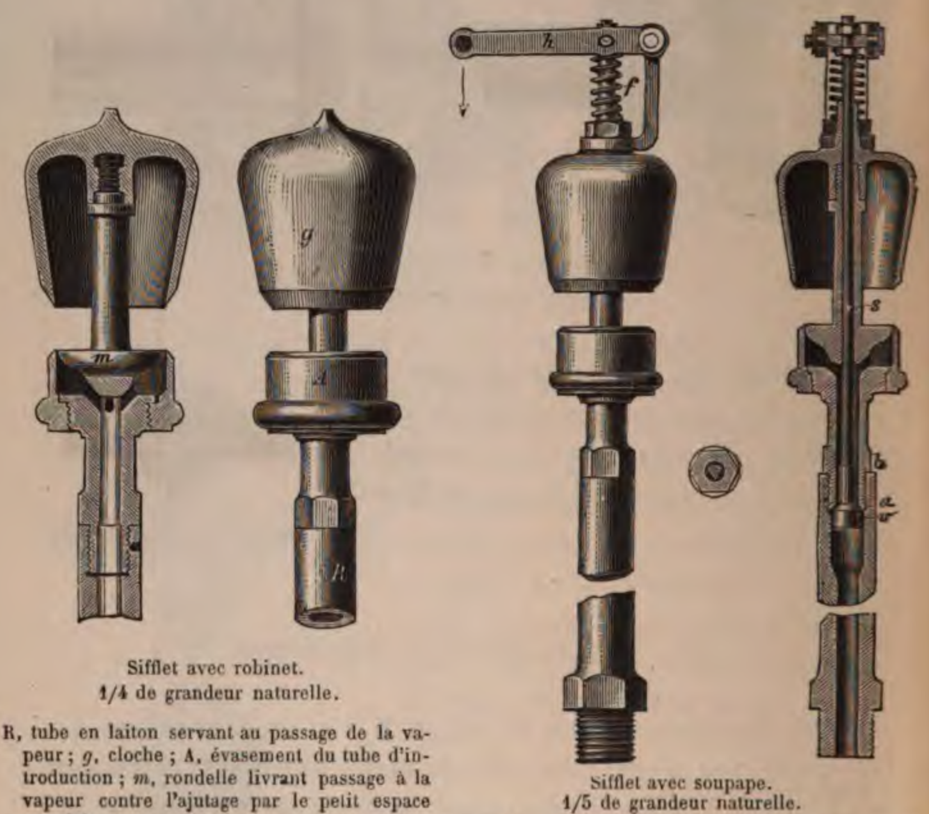
Raccord des tuyaux de lavage.

§ 6. — LE SIFFLET DE LA LOCOMOTIVE.

On fait fréquemment abus du sifflet. Il y a des mécaniciens qui organisent avec ce petit instrument de véritables concerts et donnent lieu à de nombreuses plaintes. Aussi, en Amérique, les coups de sifflet sont défendus aux approches des villes, et on ne s'en sert que dans les campagnes pour les freins et pour chasser de la voie les bestiaux. C'est avec la cloche que les signaux sont donnés ; mais comme ils s'habituent facilement au sifflet, il faut laisser échapper la vapeur par les robinets du cylindre ; ce bruit inaccoutumé produit toujours son effet. Un bon mécanicien ne se fera jamais un jeu d'effrayer inutilement les animaux.

Construction du sifflet. — En bas du tube R se trouve un robinet laissant échapper la vapeur, laquelle frappe contre le bord de la cloche et produit le bruit connu de tout le monde.

Le dessin du sifflet avec soupape fait voir que si le mécanicien tire la barre ou la corde attachée au levier, celui-ci soulève la tige. La va-



Sifflet avec robinet.
1/4 de grandeur naturelle.

R, tube en laiton servant au passage de la vapeur ; *g*, cloche ; A, évasement du tube d'introduction ; *m*, rondelle livrant passage à la vapeur contre l'ajutage par le petit espace annulaire.

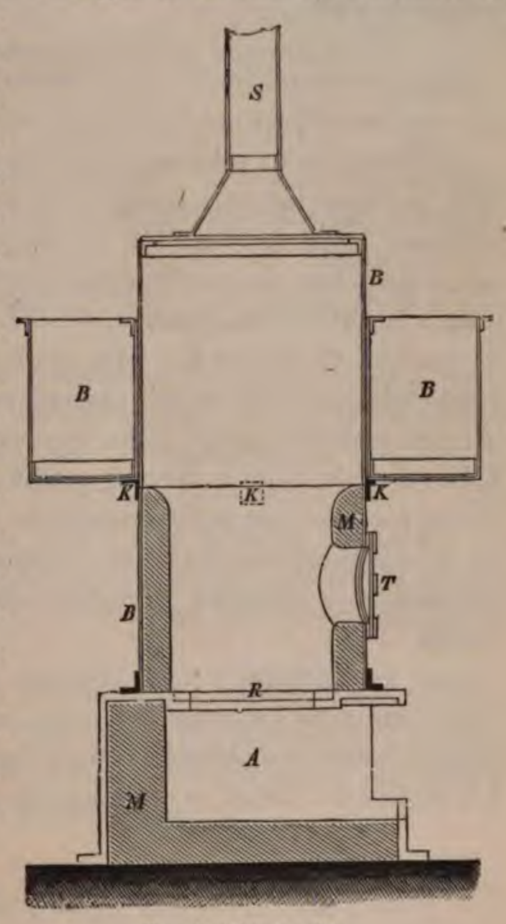
Sifflet avec soupape.
1/5 de grandeur naturelle.

h, levier attaché au ressort *f* ; *s*, tige du clapet *v* ; *ab*, distance à laquelle la tige a une section triangulaire.

peur passe dans l'espace *ab* et fonctionne comme précédemment. Dès que la barre est lâchée, tout l'appareil retourne dans sa position primitive. Pour les machines de gare, on emploie ce sifflet qui est comparativement très doux. Ajoutons qu'il est défendu d'ouvrir le régulateur avant d'avoir sifflé.

§ 7. — LE SABLIER OU SABLIÈRE.

Les roues motrices des locomotives tournent souvent sur place, n'avancent pas, — patinent, — quand les rails sont humides ou glissants; le frottement entre les bandages et les rails est très faible et pour l'augmenter le mécanicien ouvre le sablier, et le sable coule par deux tuyaux devant les deux roues d'un même essieu. S'il n'y avait qu'un seul tuyau, une des roues glisserait, l'autre roulerait, et l'essieu serait tordu. On doit procéder avec prudence en projetant le sable, pour ne pas provoquer des mouvements brusques qui pourraient entraîner la rupture des tourillons et même des fusées. Les fissures qu'on remarque dans les essieux et les manivelles résultent généralement du patinage des roues. Le sablier est toujours placé à côté du dôme de prise de vapeur.



Four à sécher le sable.
1/16 de grandeur naturelle.

Il faut se servir de fours spéciaux pour sécher le sable qui souvent se forme en boules qu'on est obligé de casser, puis de tamiser.

Four à sécher le sable. — Sur un socle en maçonnerie M est placée la grille R du foyer avec son cendrier A, sa porte T et sa cheminée S.

Autour du fourneau se trouve retenue par la cornière KK une caisse annulaire B dans laquelle on jette le sable qu'on enlève en bas par un tiroir. Malgré les précautions que l'on prend de choisir le sable aussi peu argileux que possible, il arrive encore que, par suite de l'humidité de l'air et des trépidations de la machine, le sable se tasse près des orifices de sortie.

Manœuvre du sablier. — Avant l'ouverture du sablier, le régulateur doit être fermé pour que le patinage cesse.

La distribution du sable est réglée à la sortie de la boîte, de chaque côté, par deux tampons coniques en fonte, dentelés à leur partie inférieure et se mouvant sur des sièges comme des soupapes ; le mouvement leur est communiqué par une tringle qui se prolonge jusqu'à la portée du mécanicien, où elle se termine par une poignée ou manette. Un ressort à boudin, placé sur la tringle et convenablement réglé, maintient au repos les tampons sur leurs sièges; lorsque le mécanicien veut sabler, il tire brusquement à lui la manette et la lâche ; il répète cette manœuvre autant de fois qu'il est nécessaire ; à chaque secousse, une petite quantité de sable tombe dans les tuyaux qui le conduisent sous les roues; la dentelure au bas des tampons est destinée à briser les grumeaux de sable qui pourraient s'être formés.

Dans les machines à roues couplées, il est très important de ne sabler que sous les roues de l'essieu moteur; en sablant sous les roues couplées, et en laissant patiner l'essieu moteur, on s'exposerait à la rupture des bielles ou des manivelles d'accouplement.

CHAPITRE III

Le fonctionnement de la chaudière.

La force dans les locomotives provient de la chaleur. Le mécanicien n'a pas à se préoccuper de l'électricité ; aujourd'hui encore elle n'est que le produit de la chaleur, car ce sont des machines à vapeur qui font naître ce fluide mystérieux, — en attendant qu'on le puise dans le ciel.

La chaleur s'incorpore dans un moteur qui est la vapeur d'eau, et s'y transforme en force. Le mécanicien n'a pas à se préoccuper non plus des autres moteurs, tels que : l'air chaud, les gaz, etc., etc., qui ne sont pas entrés dans le domaine de la pratique, et n'y entreront probablement jamais. Tout ce qu'on sait à cet égard, c'est que la vapeur d'eau transmet mieux que tous les autres corps la force de la chaleur ; dans les locomotives, elle est produite par des combustibles.

Combustibles et eau sont donc les deux agents du fonctionnement de la chaudière, et s'il est indispensable que le mécanicien sache les employer d'une manière convenable, il n'est pas moins utile qu'il en connaisse aussi la qualité et la provenance.

§ 1. — L'EAU D'ALIMENTATION, SA NATURE, SON EMPLOI.

L'eau qui tombe sous forme de brouillard, de pluie, de neige, de grêle ou de rosée sur le terrain, s'y infiltre et réapparaît comme source souvent à de grandes distances. Dans son parcours à travers les couches de l'écorce terrestre, l'eau — qui possède au plus haut degré la propriété dissolvante — s'est imprégnée de substances miné-

rales, principalement de calcaire ou carbonate de chaux, et de gypse, plâtre ou sulfate de chaux. Les anciens ont déjà dit : « Telle montagne, telle eau. »

L'eau n'est jamais pure, pas même l'eau de pluie, qui cependant est de l'eau distillée ; on peut s'en convaincre en la laissant s'évaporer dans un verre ; on y apercevra un dépôt provenant, sans doute, de la poussière qui flotte dans l'espace.

Incrustation. — Les substances étrangères se déposent, à la suite de l'évaporation, comme boue, vase, limon, sédiment ou tartre, — ce dernier mot ne signifie rien, comme du reste tous les termes d'atelier ; — elles finissent par durcir et par s'attacher à la chaudière, s'y incruster, ou y former une incrustation. Leur épaisseur varie suivant la qualité de l'eau, c'est-à-dire suivant que l'eau a séjourné plus ou moins longtemps dans le sol, et qu'elle y a rencontré plus ou moins de substances minérales solubles.

Ces incrustations sont nuisibles. D'abord elles empêchent la rapide production de la vapeur, et par conséquent exigent plus de combustible, car, étant une pierre et mauvais conducteur, elles transmettent la chaleur cinquante fois moins vite que le métal. Une plaque dont l'incrustation aurait une épaisseur de 1 millimètre équivaudrait, au début de la mise en feu, à une plaque nette dont l'épaisseur serait augmentée de $0^{m},05$. Ensuite la paroi incrustée peut se surchauffer, ce qui occasionne sa prompte détérioration ou l'explosion de la chaudière.

Désincrustation. — Empêcher les incrustations de se former est un but qu'on est encore loin d'atteindre. Sciure de bois, pommes de terre, colle, fécule, argile, copeaux de chêne, devant se combiner avec les parcelles incrustantes et former une espèce de limon facile à enlever, voilà les principales matières désincrustantes, mais qui troublent l'eau, font primer la machine et généralement ne répondent pas à l'effet qu'on en avait espéré. Puis viennent les remèdes que les inventeurs tiennent secrets. Ce sont des liqueurs ou des poudres désincrustantes ; elles peuvent être bonnes pour une qualité d'eau

connue, — comme dans les machines fixes, — mais elles ne le sont plus dans les locomotives dont l'eau change de nature à chaque station.

Le véritable secret consiste à découvrir, aux alentours des gares, au moyen de sondages, l'eau la moins impure possible. C'est une opération délicate, qui est toujours confiée à un habile ingénieur.

Lavage et nettoyage de la chaudière. — Pour débarrasser la chaudière du tartre, il suffit de la laver en y injectant de l'eau avec une lance. Le mécanicien doit assister à cette opération. Il faut qu'il veille à ce que la chaudière soit refroidie; douze heures suffisent. Si l'on introduisait l'eau froide dans une chaudière chaude, la différence de température pourrait entraîner le gauchissement des parois et le suintement des tubes bouilleurs. On ne doit pas laisser écouler l'eau chaude pour hâter le refroidissement de la chaudière, car le tartre pourrait durcir contre les tubes et dans les coins; il serait alors difficile à enlever. C'est dans ces endroits que les incrustations s'attachent de préférence, comme dans les tuyaux d'introduction, qui deviennent de plus en plus étroits et finissent par ne plus fonctionner.

S'il n'est pas possible, par suite de l'exigence du service, de laisser une locomotive au repos pendant une journée, on peut, pour obtenir un refroidissement graduel, pomper dans la chaudière de l'eau froide pendant que l'eau chaude s'écoule.

Ce sont là des précautions minutieuses qu'on ne doit pas négliger, car malgré ses dimensions colossales et sa grande force de résistance la chaudière à vapeur est — et restera toujours — un appareil très sensible.

Réchauffeurs. — Beaucoup d'ingénieurs du matériel se sont occupés du problème de chauffer l'eau dans le tender; ils l'ont souvent résolu d'une manière parfaite sous le rapport de la théorie, mais leurs productions n'ont pas eu la sanction de la pratique, par suite des nombreuses chances d'avarie que la complication de leurs appareils

peut offrir, en dehors des soins multiples de l'entretien que ces derniers exigent.

Nous allons néanmoins jeter un coup d'œil sur quelques-uns de ces réchauffeurs, dont le plus ancien est celui de l'ingénieur en chef Kirchweger. Le tuyau d'échappement de chaque cylindre se bifurque en deux branches qui sont réunies en haut pendant que les deux branches inférieures, également réunies, débouchent dans le tender. Par un jeu de valve, on fait passer la vapeur tantôt dans la cheminée, tantôt dans le tender. Cette manière de chauffer gratuitement l'eau n'est guère admissible dans les express, où il faut tout sacrifier au tirage ; puis l'économie du combustible n'est guère que de 8 p. 0/0 au maximum ; en outre, l'ébullition empêche le fonctionnement de l'injecteur.

M. Mazza a repris en sous-œuvre l'idée Kirchweger pour l'adapter à l'injecteur. A cet effet, dans un des compartiments du tender, il chauffe l'eau par la vapeur d'échappement, puis il la refoule dans un réservoir placé sous le tender, et mis en communication en bas avec l'injecteur et en haut avec la chaudière. L'appareil est encore trop compliqué pour être employé dans le service courant.

L'aréo-vapeur Warshop a pour but de chauffer de l'air dans un serpentin par les gaz qui s'échappent dans la boîte à fumée, puis d'injecter cet air dans la chaudière. Cette tentative ne pouvait avoir aucun succès, car l'air ne peut être que nuisible dans une chaudière. Si nous avons cité cette invention, c'est pour engager les chercheurs à ne pas la poursuivre.

L'ingénieur Chiazzari a combiné une pompe double, dont une partie aspire l'eau d'alimentation et l'injecte dans un condenseur où la seconde partie de la pompe introduit la vapeur d'échappement pour refouler ce mélange dans la chaudière d'une façon continue. Il faudra attendre le résultat des essais qui ont lieu en ce moment, avant de se prononcer sur la valeur de cette conception.

Enfin M. Koerting chauffe l'eau pendant son passage du tender à la chaudière au moyen d'un réchauffeur tubulaire inverse, car l'eau se trouve dans les tubes que la vapeur d'échappement entoure. L'injec-

teur est double ; le premier aspire l'eau du réchauffeur et l'introduit dans le tuyau d'aspiration du second qui, à son tour, la fait passer dans la chaudière.

§ 2. — LES COMBUSTIBLES DE LA LOCOMOTIVE.

En Amérique et en Russie, on chauffe les locomotives avec du bois; on l'employait jadis aussi en Allemagne, mais on y a renoncé par raison d'économie. — Dans quelques contrées isolées du nord de l'Europe, on trouve encore de la tourbe ; les plantes aquatiques dont elle se compose ne se reproduisent ni ne se décomposent ou se carbonisent assez vite pour qu'on puisse compter sur leur usage. — Le lignite se trouve déjà à un degré au-dessus ; c'est la transition vers la houille ; ce bois fossile n'est pas très répandu, mais chaque fois qu'on en découvre des gisements on s'empresse de les exploiter. — Le pétrole ni aucune huile minérale n'ont donné de bons résultats, à cause des dispositions imparfaites pour les brûler. Puis il y a toujours la question du prix. Quand un jour elle sera résolue, il n'y aura plus de pétrole industriellement ou lucrativement exploitable. Espérons-le. L'idée d'un train rapide chauffé au pétrole fait frémir. En 1872, sur la ligne de New-Hambourg (Etats-Unis), vingt-trois personnes ont été brûlées dans un *oil train* (train d'huile). Il ne reste donc que la houille, — est-ce trop dire ? — base de la civilisation actuelle.

Diverses espèces de houille. — Le charbon minéral est livré au mécanicien sous trois formes : gros morceaux, — petits morceaux qui sont mélangés avec du bois pour faire un feu léger lors de l'allumage des machines, — poussière dont on fabrique les briquettes ou agglomérées, en la collant avec du brai ou goudron épuré et débarrassé de ses parties volatiles. Le coke est la houille carbonisée ; nous en avons parlé à propos des appareils fumivores.

Dans la houille, on distingue de nombreuses qualités qui passent de l'une à l'autre par des nuances peu prononcées, et qui dépendent

surtout de son gisement. Plus la houille est située profondément, plus elle avait été comprimée — lors de la Création — par les couches de rocs, et plus elle est lourde ou compacte. Si elle arrive près de la surface du globe, elle devient légère et renferme des gaz. Souvent on obtient, dans le chauffage, un résultat convenable par des mélanges bien choisis, dont les parties séparées n'auraient pas approché. Aucune règle fixe ne peut être établie à cet égard, et il faut s'en référer à la pratique dans chaque cas particulier.

Cependant, à titre de classification, nous proposons les quatre catégories suivantes:

L'anthracite, qui est du carbone presque pur ou diamant non cristallisé, brûle difficilement. Les Américains seuls l'emploient dans leurs chemins de fer.

La houille grasse, ou houille bitumineuse, ou houille à gaz, ou houille maréchale, — les maréchaux-ferrants s'en servent habituellement, — ou houille à longue flamme, est noire et brillante ; sa combustion est tant soit peu difficile, car elle se ramollit et s'agglomère.

La houille maigre, moins foncée que la précédente, brûle facilement et donne une flamme longue et claire.

Enfin la houille sèche a une couleur gris de fer ; elle brûle avec une flamme très courte, et laisse un déchet considérable. C'est, en France, l'espèce la plus répandue.

Quelque intéressant que soit tout ce qui se rapporte au combustible par excellence, nous ne pouvons nous y étendre davantage, pour ne pas faire un double emploi avec les récits sur l'origine et l'extraction de la houille de notre livre intitulé : *l'Ecorce terrestre*, — les Minéraux, leur Histoire et leurs Usages dans les Arts et Métiers (1).

(1) E. Plon, éditeur à Paris.

§ 3. — LA FORMATION DE LA VAPEUR.

La transformation de l'eau en glace ou en vapeur constitue un des plus beaux phénomènes de la nature ; il se passe sous les yeux de la foule indifférente qui n'y prête pas la moindre attention. Il n'en est pas de même du mécanicien qui veut et qui doit se rendre compte de ces surprenants effets.

La cause en est un mystère ; tous les corps de la nature peuvent être — comme l'eau — ou gazeux, ou liquides, ou solides, — simple question de température. — Dans les laboratoires de chimie, les gaz sont actuellement solidifiés sous forme d'une poudre blanche, et on y volatilise les métaux et les matières les plus dures que nous connaissions : les pierres précieuses ; mais ce qui intéresse de préférence le maître et à la fois le serviteur de la locomotive, c'est le degré de chaleur qui détermine la transformation de l'eau en vapeur, et l'instrument qui le mesure : nous avons nommé le thermomètre.

Thermomètre. — Celui de Réaumur est le thermomètre populaire, c'est le plus ancien ; le thermomètre Celsius, ou centigrade, est appelé : thermomètre scientifique. Je n'ai jamais su pourquoi ; je ne vois absolument rien de scientifique dans cette superfétation, bien au contraire : la science doit être claire, simple, et la division centigrade, qui ne dit absolument rien et n'a aucun rapport avec le système décimal, nous force d'ajouter à tout degré de température le qualificatif Réaumur ou Celsius, côté droit ou côté gauche du thermomètre. Soit. N'employons que les degrés centigrades.

Si l'on plonge dans de la glace fondante un thermomètre, son liquide, esprit-de-vin ou mercure, s'arrête à un point fixe nommé le point zéro. Quand ensuite ce thermomètre est mis en contact avec la vapeur de l'eau bouillante à l'air libre, la chaleur dilate le liquide qui monte dans le tube, et s'arrête bientôt à un autre point fixe : le point de l'ébullition de l'eau. On divise la distance entre ces deux points déterminés en 80 parties (Réaumur), ou en 100 parties (Celsius), et

quand on a 1 degré dans le compas on le porte au-dessus et au-dessous de ces deux points extrêmes, autant de fois qu'on veut, cependant pas au delà du terme où les liquides gèleront ou se volatiliseront. Au-dessus de zéro, on dit plus +; au-dessous, moins —.

L'homme peut encore vivre dans les régions polaires à — 50°, quand l'alcool et le mercure sont déjà gelés; et toutes les substances y ont cette température. La glace naturellement ne fait pas exception, et si l'on soutient qu'elle est toujours à zéro on commet une erreur qu'il faut détruire chaque fois que l'occasion s'en présente.

Évaporation et vaporisation. — L'eau s'évapore, comme le camphre, la glace, la neige, l'esprit-de-vin. Cette évaporation a lieu à la surface et successivement : le corps peu à peu disparaît. La vaporisation au contraire n'arrive qu'à 100° pour l'eau; c'est-à-dire, celle-ci se vaporise, se transforme en vapeur dans toute sa masse. Dès que la chaleur a expulsé l'air, l'eau entre en ébullition; il s'y produit des bulles de vapeur qui doivent avoir la tension nécessaire pour vaincre la pression atmosphérique. Donc, si l'eau est chauffée dans un vase ouvert, elle garde toujours ses 100°, quelle que soit la quantité de feu; mais plus il y a de feu, plus la vaporisation marche vite.

Cela ne se passe pas de même en vase clos — ou chaudière. La vapeur se masse au-dessus de la surface liquide, et sa pression augmente au fur et à mesure qu'on active le feu; elle empêche la formation de la nouvelle vapeur; l'eau devient de plus en plus chaude, et son point d'ébullition est surhaussé. Si l'eau n'est pas pure, ce point est de quelques degrés plus élevé.

La vapeur qui reste en contact avec l'eau est : la vapeur saturée, ou : saturée de chaleur. Sa température est la même que celle de l'eau. La vapeur qui n'est plus en contact avec l'eau peut continuer à recevoir de la chaleur : c'est la vapeur surchauffée. Cela est dit pour mémoire, puisque la vapeur dans la locomotive, devant toujours être en contact avec l'eau, ne peut pas être surchauffée. Elle n'est surchauffée que dans les coups de feu.

La tension de la vapeur et son volume se trouvent entre eux dans

une relation fixe. Le tableau ci-dessous nous fait voir que plus la pression et la température de la vapeur augmentent, plus le volume spécifique diminue.

Volume spécifique de la vapeur. — On appelle ainsi le volume de la vapeur engendré par 1 volume d'eau à différentes températures.

Pressions en atmosphères	Température de la vapeur en degrés centigrades	Volumes spécifiques de la vapeur produits par 1 volume d'eau
—	—	—
1	100	1.700
2	120	900
3	133	620
5	152	388
10	175	200
12	188	176

Chaleur spécifique. — Un fait très singulier, constaté par les physiciens, est que de tous les corps de la nature l'eau est la plus difficile à chauffer, tout en étant le corps qui transmet le mieux la force de la chaleur, comme nous l'avons fait remarquer dans l'introduction de ce chapitre.

La quantité de chaleur nécessaire pour chauffer 1 kilogramme ou litre d'eau à 1 degré au-dessus de sa température, comme elle se présente, est une calorie; on la met égale à l'unité. Un kilogramme des autres corps n'exige donc qu'une fraction de cette unité : 1/9 pour le fer, 1/11 pour le cuivre, etc., etc. C'est cette fraction qu'on nomme : chaleur spécifique, et la propriété des corps d'exiger plus ou moins de chaleur est leur capacité de chaleur, ou capacité calorique.

Ce chiffre de 1/11 pour le cuivre nous indique la raison de la préférence donnée à ce métal dans la construction des boîtes à feu : le cuivre est un bon conducteur de chaleur. Nous faisons cette remarque parce qu'elle se rattache à une application pratique, conformément à la tendance de tout ce livre.

Afin de reconnaître les bons conducteurs de chaleur, vous pourrez faire une expérience aussi simple que concluante : prenez des bâtons en verre, en métal, en bois, en charbon, etc., mettez-les par un bout dans un foyer ardent; touchez-en après quelques minutes l'autre bout, et le bâton qui vous aura le mieux brûlé les doigts sera le meilleur conducteur de chaleur; — les autres bâtons seront de mauvais conducteurs, comparativement.

Les métaux sont les meilleurs conducteurs de la chaleur, et c'est précisément ce qu'on leur reproche dans les locomotives ; les chaudières, les cylindres, les tubes ne conduisent que trop bien la chaleur... au dehors ; aussi les enveloppe-t-on de chemises en mauvais conducteurs, telles que bois, feutre, paille, etc., etc., ou plutôt on les enveloppait, car aujourd'hui on n'emploie plus que des chemises en fine tôle qui laissent entre elles et les parois une couche d'air. Ces matelas d'air, en terme d'atelier, isolent le métal mieux que ces substances qui souvent prenaient feu et faisaient plus de mal que de bien.

§ 4. — L'EMPLOI DE LA VAPEUR.

Depuis sa formation jusqu'à son utilisation, la vapeur passe par quatre phases : l'admission, la détente, la compression, l'échappement.

Première phase : admission. — Dès que la vapeur sort de la chaudière, la pression qu'elle avait exercée sur l'eau descend ; celle-ci entre en ébullition et fournit de nouvelle vapeur qui passe dans la boîte du tiroir avec une perte de 4 à 16 p. 0/0; elle avait diminué en vitesse par suite des changements de direction, car elle s'était heurtée aux divers tubes par lesquels elle a dû passer; puis dans son trajet au cylindre il y a eu une nouvelle réduction, de façon qu'elle y est descendue à 90 et même à 75 p. 0/0 de la pression primitive. — Ces différences de tensions dans la chaudière et le cylindre augmentent avec la vitesse du piston ; elles deviennent d'autant plus grandes que la locomotive marche plus vite et que le régulateur est moins ouvert. Pour citer un exemple, disons qu'avec une vitesse de piston

de 2 mètres par seconde et avec une ouverture du régulateur de 1 quart, la pression de la vapeur dans le cylindre peut ne plus être que la moitié de celle dans la chaudière.

Deuxième phase : détente. — L'expansion ou détente de la vapeur a lieu quand celle-ci est enfermée dans le cylindre. Supposons que le cylindre soit divisé en quatre parties, et qu'on marche à pleine vapeur; l'effet serait égal à 4. Interceptons la vapeur quand le piston aura parcouru 1/4 de son chemin; l'effet pour ce quart serait de 1; si la vapeur commence à se détendre et si le piston a parcouru les 2/4, l'effet descendrait à 1/2; au troisième quart, à 1/3, et au quatrième quart, à 1/4. Additionnons et nous trouvons :

Premier quart....	=	1 »
Deuxième quart...	=	» 1/2
Troisième quart...	=	» 1/3
Quatrième quart...	=	» 1/4
Total.......		2.1/12

A pleine cylindrée, le travail est égal à 4, mais la dépense de vapeur est quatre fois plus grande. Appliquons la détente; nous avons pour l'effet de ces 4 quantités de vapeur le total de 4×2,1/12=8,1/3; donc, au delà du double.

Il ressort de ce calcul élémentaire que la vapeur travaille d'autant plus que la détente est plus grande; cependant on ne remplit le cylindre qu'à 1 quart.

De récentes expériences de physique nous apprennent que, pendant la période de la détente, une partie de la vapeur se condense et que la température de la vapeur dans le cylindre diminue en même temps que la pression.

Troisième phase : compression. — La lumière d'échappement ne restant pas ouverte jusqu'à la fin de la course du piston, une certaine quantité de vapeur se trouve emprisonnée entre le piston, le plateau du cylindre et le tiroir; elle est comprimée dans cet espace qu'on

appelle : espace nuisible ; il s'y produit par cette compression un travail résistant, négatif, inutile, — nuisible.

Les plans qui limitent cet espace sont très étendus relativement à la quantité de vapeur qu'il contient ; ils augmentent ainsi la condensation pendant l'admission. Mais cette vapeur agit ensuite comme un ressort et aide le piston dans sa marche r étrograde ; en outre, par la compression, il s'est formé de la chaleur dont profitent les parois qui diminuent ainsi la condensation que primitivement elles avaient occasionnée. Cette vapeur empêche le piston de défoncer le couvercle du cylindre ; elle détruit graduellement la vitesse du piston vers la fin de sa course, ce qui est avantageux en ce sens qu'elle évite le choc contre les articulations de la bielle.

Quatrième phase : échappement. — La vapeur pousse non seulement le piston, elle refoule aussi l'air dans la cheminée. Si la chaudière est, par exemple, à une pression de 8 atmosphères, la pression dans le cylindre est de 75 p. 0/0 de celle de la chaudière, donc 6 atmosphères qui se réduisent avec 1/4 de détente à 6/4 = 1,1/2 atmosphères. La vapeur pousse donc l'air avec une demi-atmosphère et produit le tirage.

§ 5. — LES ESSAIS DES CHAUDIÈRES.

Les règlements officiels prescrivent la vérification et l'épreuve des chaudières. On y procède lors de leur réception, ou quand elles sortent des grandes réparations, ou après un parcours de 100,000 kilomètres en moyenne, soit dix fois le voyage de Paris à Bordeaux. Elles sont soumises à la pression hydraulique — après avoir été débarrassées de leur enveloppe ; — on y injecte de l'eau dès que toutes les ouvertures : régulateur, robinets, etc., sont fermées. Il faut pendant cet essai ouvrir les soupapes pour s'assurer que la chaudière est entièrement remplie, car si l'air y restait il pourrait être comprimé et donner lieu à une explosion. On se sert pour l'épreuve aussi de

l'eau chaude, qui permet de constater les fuites échappées à l'eau froide, car l'eau chaude passe plus facilement par les fissures et les indique d'une manière certaine.

Dans les essais, on emploie les manomètres à ressort ou les manomètres libres. Quant à la charge directe des soupapes, il faut la calculer, et ne s'en servir tout au plus qu'à titre de contrôle, car elles peuvent donner des indications fausses si le poids n'agit pas exactement sur leur centre, et qu'il y ait une pression oblique.

Pression d'essai. — Elle est réglée sur la tension de la vapeur; elle dépasse cette dernière de 5 atmosphères si la chaudière est timbrée à plus de 5 atmosphères; elle est du double si la chaudière est timbrée au-dessous de 5 atmosphères.

Exemple : Une chaudière est timbrée à 8 atmosphères; la pression d'essai est égale à $8+5=13$ atmosphères. — Une chaudière est timbrée à 4 atmosphères, la pression d'essai est de 4 fois $2=8$ atmosphères.

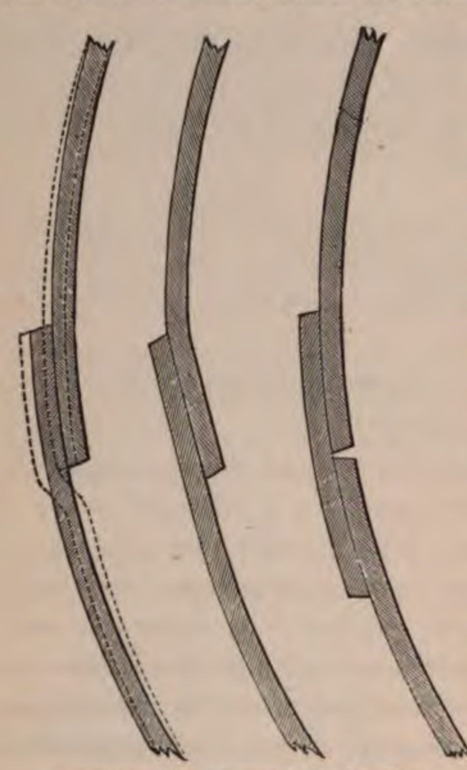
Cette règle est générale et ne s'applique pas uniquement aux locomotives qui n'ont que des timbres très élevés.

Il est facile de constater la dilatation permanente d'une chaudière. Quand celle-ci est entièrement remplie, on y introduit encore de l'eau, 2 litres au maximum. Après cette injection forcée, on ouvre le robinet d'un tube d'expérimentation dans lequel passe l'eau chassée par la puissance de contraction de la chaudière ou retour à la forme primitive. La quantité d'eau injectée — moins celle dans le tube — indique le volume dont la chaudière est dilatée. Si cette dilatation permanente produisait une déformation trop visible, il faudrait réduire le chiffre du timbre.

On éprouve les tubes, chacun séparément, par une pression de 20 à 25 atmosphères; celui qui n'a pas changé de forme et qui n'a pas laissé passer l'eau peut être accepté. Mais, à cause des dépenses considérables qui résultent de l'enlèvement des tubes, on ne procède à cette opération que si le foyer avec son enveloppe doit être réparé.

Résultats des essais. — La pression ayant été opérée, les défauts de la construction et la mauvaise qualité des matériaux apparaissent immédiatement avec plus ou moins d'évidence.

En cas de doute sur la solidité des armatures, il faut les remplacer. Si elles n'ont pas été enlevées, la chaudière n'a pas pu être examinée intérieurement ; il faut alors déduire son état intérieur de son état extérieur. C'est en frappant avec un marteau sur les entretoises qu'on reconnaît s'il y a des fissures ou des ruptures; si les têtes de ces entretoises sont brûlées, il faut les renouveler.



Assemblage des plaques de la chaudière.
1/5 de grandeur naturelle.

On rencontre souvent des fentes dans les rebords de la boîte à feu. Ces places avaient été soumises aux effets de la dilatation des tôles. Les coups de tampons sont transmis par le cadre à l'anneau à cornière de la boîte à fumée ; à cet endroit, on voit des taches de rouille et des fuites.

L'assemblage des viroles est quelquefois couvert de corrosions, ce qui s'explique par la manière dont il a été établi. Par la superposition droite (premier dessin), la chaudière perd sa forme circulaire ; la vapeur tend à l'y faire rentrer (lignes ponctuées) et donne ainsi lieu à des flexions qui entraînent la rouille. Le deuxième mode donne moins de prise à ces détériorations. Le troisième mode par éclisse est le plus correct au point de vue géométrique, mais il présente une partie faible à la jonction des deux tôles.

Plus l'épaisseur des plaques est grande, plus leurs parties défectueuses échappent facilement à la visite. Les flexions légères auxquelles ces plaques sont inévitablement soumises peuvent être mieux supportées par les plaques minces, flexibles, que par les plaques épaisses et raides. — Il est donc clair que le renforcement des plaques au-dessus de la mesure strictement nécessaire pour la solidité voulue n'augmente d'aucune façon la sécurité contre les explosions ; — on croit le contraire, mais à tort. — Enfin il faut porter l'attention sur l'attache du dôme avec le corps cylindrique, car c'est là — nous le répétons — que se trouve la partie faible de la chaudière.

Utilité contestable des essais par pression. — Beaucoup de personnes considèrent comme inutiles les essais de pression qui ont lieu quand la chaudière se trouve dans tout autres conditions que celles de son service ; ici elle est chaude, dans les essais elle est froide, ce qui constitue, au point de vue de la pratique, une notable différence. On soutient que non seulement les pièces détériorées sont forcées, mais que des déchirures sont produites dans les parties neuves, que les armatures, distendues, se relâchent et qu'alors la chaudière peut éclater à une pression moindre que celle de l'épreuve.

Les ingénieurs de la Société austro-française des chemins de fer de l'Etat s'expriment très catégoriquement à ce sujet ; ils sont d'avis que les essais de pression entrepris par l'autorité sur les machines en service n'ont aucune valeur aux yeux de la Compagnie, et que le contrôle officiel devrait se borner à l'examen préalable des matériaux de construction, ainsi qu'à la pression au chiffre du timbre pour les machines neuves seulement, et cela dans l'unique but de s'assurer de leur étanchéité. Cette épreuve serait précédée d'une visite détaillée du corps cylindrique tant à l'extérieur qu'à l'intérieur du foyer, de la boîte à feu et des accessoires.

§ 6. — L'EXPLOSION DES CHAUDIÈRES DE LOCOMOTIVE.

L'explosion de la chaudière d'une locomotive est heureusement un fait très rare.

Quand la machine est en mouvement, elle dépense sa vapeur ; au repos, elle ne doit pas en produire en quantité suffisante pour arriver à un surcroît de pression.

Néanmoins, c'est dans le stationnement que l'augmentation de la pression est rapide, et plus la pression est grande, plus elle augmente en peu de temps ; si elle est de 10 atmosphères, en 20 minutes elle peut arriver à 20 atmosphères. Cette rapidité n'échappe pas à un mécanicien attentif ; immédiatement il jettera son feu et — nous le répétons — se gardera d'introduire de l'eau.

Causes des explosions de chaudières. — Ce sont : des vices de fabrication qui se manifestent surtout par le déchirement des entretoises de la boîte à feu et des pièces de consolidation du dôme ; — la faiblesse des armatures ; — la mauvaise qualité du fer ; — la surcharge des soupapes, due aux efforts extraordinaires pour le remorquage de trains trop lourds ; — l'ouverture brusque du régulateur par laquelle, une diminution de pression étant produite, l'eau est projetée avec véhémence contre le dôme ; — le refroidissement instantané du foyer qui entraîne des déchirures ; — enfin les corrosions et la surchauffe, qu'il est utile d'examiner en détail, car elles sont les causes ordinaires des explosions.

Les corrosions et les érosions résultent de l'oxydation et de la pression combinées. Autrefois on ne faisait pas cette subtile distinction. La corrosion est une oxydation générale ou usure uniforme ; elle est moins dangereuse que les érosions ou corrosions localisées, produisant des vermoulures, des piqûres qui entrent profondément, quelquefois très vite, dans le métal, et sont toujours difficiles à découvrir. Elles proviennent des fuites aux rivures, des produits acides de la

combustion, et surtout du chômage de la chaudière qui, n'ayant pas été asséchée en entier, renferme de l'eau et se rouille presque instantanément.

La surchauffe résulte en général du manque d'eau. Des places mises à découvert peuvent rougir, — recevoir un coup de feu, et si l'eau injectée dans ce moment rencontre ces endroits, il s'y forme de la vapeur en quantité telle que les soupapes mêmes sont insuffisantes pour la laisser échapper. Cette surchauffe arrive aussi dès que les incrustations qui recouvrent les parois se détachent et mettent subitement le métal à nu. Si le feu est abattu encore à temps et que l'explosion n'ait pas lieu, les plaques néanmoins restent gonflées et ne peuvent plus servir.

Au sujet de la surchauffe, on a fait la remarque que l'eau projetée sur une plaque métallique chauffée au rouge n'entre pas en ébullition, mais qu'elle se divise en petites boules, — comme le mercure qu'on laisse tomber par terre.—Ces boules diminuent de plus en plus de grosseur par l'évaporation; si la plaque se refroidit, elles se réunissent et l'eau entre subitement en ébullition. Ce phénomène peut se produire dans une locomotive quand le plafond de la boîte à feu devient incandescent, et c'est là qu'on a voulu trouver aussi une des causes de l'explosion.

Il y a également de ces désastres dont l'explication est restée inconnue; mais pour la trouver il n'était pas nécessaire de recourir à l'intervention de la force mystérieuse de l'électricité et du changement subit — non moins mystérieux — de la constitution moléculaire des corps qui sont en œuvre dans la conduite de la machine; de même il était inutile de faire intervenir les effets problématiques des vibrations auxquelles une chaudière est constamment soumise.

L'inconnu réside plutôt dans le manque de renseignements précis, ou dans l'insuffisance d'une enquête superficielle.

Pour fixer les idées sur les singuliers et terribles effets d'une explosion, on n'a qu'à s'en référer au calcul de sa force, laquelle est de 1,000 chevaux travaillant pendant 1 minute. Si cette formidable puissance produit l'éclatement par en haut, la chaudière est enfoncée

dans la terre; s'il a lieu par en bas, la chaudière est lancée dans l'espace comme une bombe.

Règles à suivre pour éviter les explosions. — Indiquer ces règles, c'est répéter en quelques mots ce qui vient d'être dit : visiter la chaudière dans tous ses détails, remplacer les parties défectueuses et suspectes, ordonner de fréquents lavages. Telle est la tâche qui incombe à l'ingénieur du dépôt.

Quant au mécanicien, il doit avoir l'œil sur le manomètre afin d'éviter des pressions surélevées ; il doit empêcher les brusques refroidissements; il ne doit pas laisser descendre le niveau de l'eau, ni charger les soupapes. — Un mécanicien qui cale ses soupapes commet un crime; il faut qu'il soit révoqué immédiatement sans pitié, et signalé à tous les chemins de fer de l'univers, afin qu'il ne soit plus employé nulle part.

CHAPITRE IV

La Machinerie.

Machinerie ; appareil moteur ; mécanisme moteur ; mécanisme de transmission ; mécanisme tout court ; mouvement, terme de mécanicien ; — telles sont les diverses appellations de l'ensemble des pièces destinées à produire, par leur action sur les roues motrices, la translation de la locomotive.

En souvenir d'Auguste Perdonnet, nous emploierons le mot : machinerie, que le patriarche des ingénieurs français a importé d'Angleterre, et dont on s'est servi exclusivement à l'origine.

La machinerie comprend le cylindre avec son piston ; — les organes de transformation du mouvement de va-et-vient du piston en mouvement circulaire ; — la distribution qui fait passer la vapeur alternativement sur les deux faces de ce piston ; — enfin, l'appareil de changement de marche.

La machinerie est placée en dedans ou en dehors des roues. La machinerie extérieure est facile à aborder, et permet de placer la chaudière plus bas ; il faut l'employer quand l'essieu moteur est derrière la boîte à feu ; mais elle a l'inconvénient d'être endommagée par les coups de tampons, et d'empêcher pendant la marche la visite de la machine à l'avant. Ensuite, si la ligne qui passe par le centre des deux machineries n'est pas horizontale, elle forme une espèce de balancier non équilibré qui provoque le roulis.

Sauf les pièces de la mise en action de l'appareil de changement de marche, la machinerie se répète des deux côtés de la locomotive la-

quelle est symétrique. L'arbre de relevage avec ses leviers la met en mouvement des deux côtés à la fois. Chaque cylindre avec ses bielles forme une machine à vapeur à part qui peut, au besoin toute seule, faire marcher la locomotive.

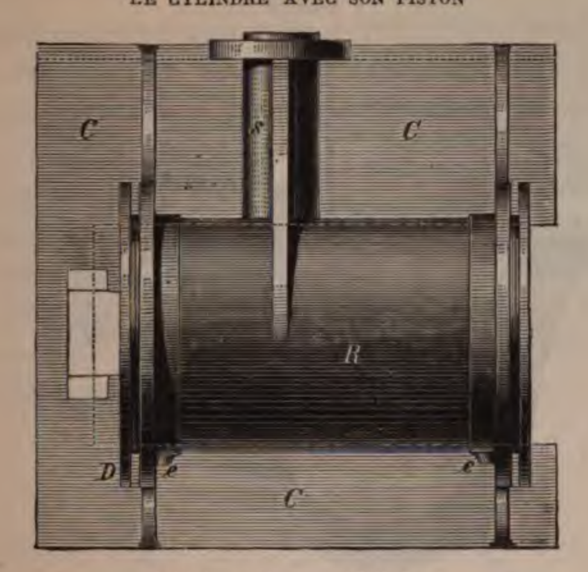
S'il arrive des accidents à la machinerie, il faut isoler le côté endommagé et marcher avec la machinerie de l'autre côté. Dans ce cas, le mécanicien commence par enlever la bielle du cylindre hors service ; il pousse ensuite le piston vers le plateau et le cale dans les glissières ; puis il ôte la tige du tiroir, ouvre les purgeurs et attache solidement avec des cordes ou des fils de fer les pièces démontées.

§ I. — LE CYLINDRE AVEC SON PISTON.

Au point de vue de la mécanique, le piston dans un cylindre est un organe de transmission détestable. Il marche, s'arrête, recule, s'arrête de nouveau, puis recommence son éternel mouvement de va-et-vient, tandis qu'il faudrait marcher constamment sans s'arrêter, et pour cela obtenir par la vapeur le mouvement de rotation, mouvement circulaire ; la vapeur soufflerait sur un piston tournant, à l'instar de l'eau qui coule sur une roue à palettes dans une rivière.

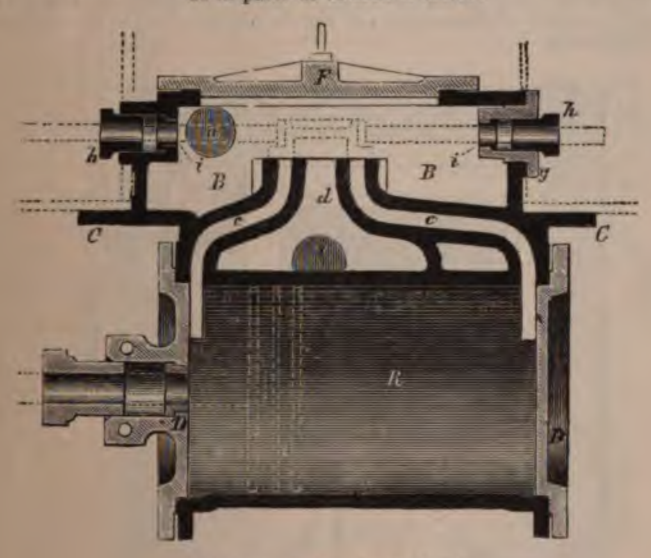
Ce serait alors la machine à vapeur rotative. Cette machine tant désirée, on ne l'utilise pas encore, malheureusement. Aux premières Expositions universelles, il en pleuvait, — pour parler le langage de cette époque ; — mais aucune d'elles n'offrait la moindre chance de succès. Fuites continuelles de vapeur, complication des mécanismes, énorme perte de force motrice par les frottements, tels sont les obstacles, — surmontables certainement, mais qui jusqu'à aujourd'hui n'ont pas été surmontés. — Donc, quelque détestable que soit ce cylindre, gardons-le provisoirement, faute de mieux, et examinons-le dans tous ses détails.

Construction du cylindre à vapeur. — Les cylindres sont généralement horizontaux et extérieurs ; il y en a aussi qui sont inclinés. Les cylindres intérieurs usités surtout en Angleterre et à l'Ouest



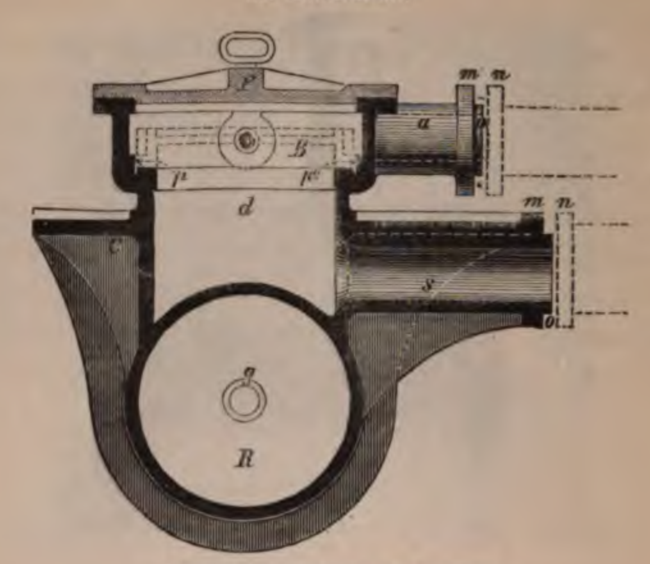
Cylindre à vapeur. Elévation.
1/16 de grandeur naturelle.

R, cylindre ; D, plateau du cylindre ; *ee*, raccords des purgeurs ; CC, prolongement de la paroi de la boîte à fumée.



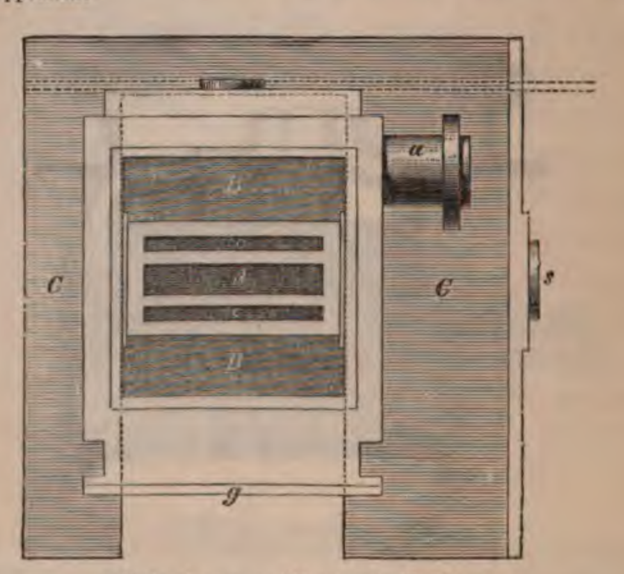
Cylindre, section longitudinale.
1/16 de grandeur naturelle.

F, boîte du tiroir ; *a*, tuyau d'admission ; *s*, tuyau d'échappement ; , boîtes à étoupe B, tiroir ; *cc*, lumières d'introduction ; *g*, couvercle permettant le passage du tiroir *d*, lumière d'échappement ; DD', plateaux du cylindre ; R, espace de vapeur ; *h*, tiges du tiroir ; C, attaches du cylindre.



Cylindre à vapeur ; coupe en travers.
1/16 de grandeur naturelle.

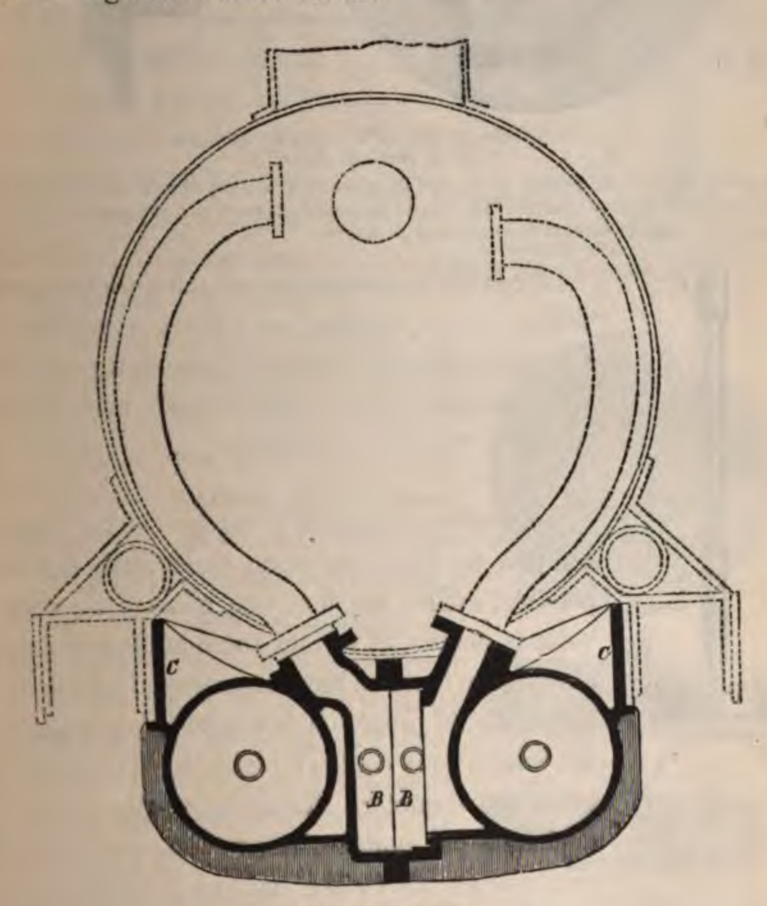
R, cylindre ; B, boîte du tiroir ; F, couvercle de la boîte du tiroir ; *m*, *n*, *o*, raccords des tuyaux d'introduction et d'échappement ; *p*, *p'*, guides du tiroir ; C, plaques de raccord du cylindre ; *s*, tuyau d'échappement ; *g*, tige du piston ; *a*, tuyau d'introduction ; *d*, lumière d'échappement.



Cylindre à vapeur. Élévation de l'intérieur.
1/16 de grandeur naturelle.

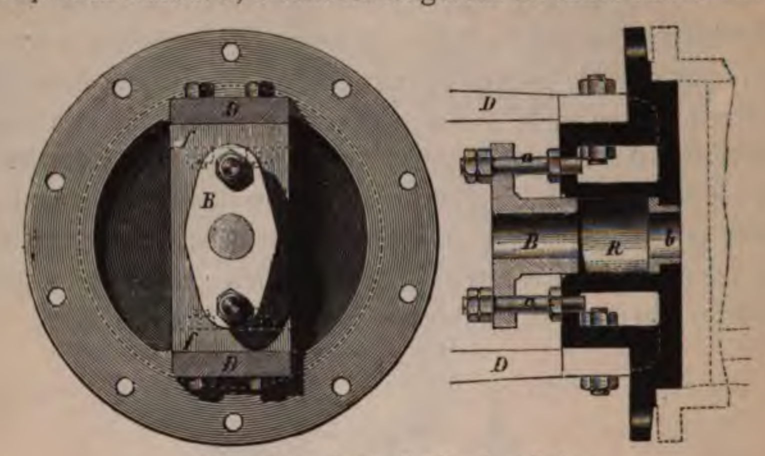
B, tiroir ; *a*, tuyau d'introduction ; C, plaque de la boîte à fumée ; *d*, lumière d'échappement ; *e*, *e*, lumières d'introduction ; *g*, couvercle ; *s*, tuyau d'échappement.

français sont souvent coulés en fonte d'une seule pièce, leur épaisseur est de $0^m,025$; ils sont légèrement évasés aux bouts pour faciliter l'introduction des pistons. Leurs plateaux ou couvercles sont aussi légers que possible pour qu'en cas de rupture de la tige du piston le couvercle poussé par le piston se brise seul, sans le cylindre dont le remplacement est toujours dispendieux. Les bossages en bas servent pour les robinets purgeurs, par lesquels s'écoule l'eau qui s'était condensée contre les parois toujours froides au début du voyage. Pour bien comprendre la construction des cylindres, le lecteur pourra suivre les légendes sur les dessins.



Cylindres intérieurs.
1/20 de grandeur naturelle.

Dans les cylindres intérieurs, les boîtes des tiroirs BB sont placées l'une près de l'autre. C, C sont les longerons du cadre ou châssis.



Couvercle ou plateau d'arrière du cylindre.
1/10 de grandeur naturelle.

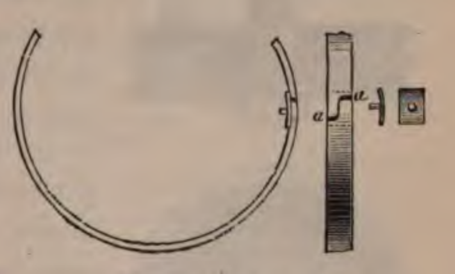
B, boîte à étoupes; *b*, douille de la tige du piston; R, espace libre ayant au pourtour une garniture de chanvre trempée dans l'huile et le suif, et serré par les boulons *a*; D, glissières; *f*, rebords servant d'attache aux glissières.

Le couvercle d'avant du cylindre est très simple, comme on l'a vu dans les figures précédentes. Le couvercle d'arrière, par lequel passe la tige du piston, est compliqué. Il est rarement vissé, mais boulonné contre le rebord du cylindre.

Piston à vapeur.
1/20 de grandeur natur.

Construction du piston à vapeur. — Le piston se compose de deux disques en fonte, aussi légers que possible, enfilés sur une tige massive S, avec clavette au point *e*, et serrant entre eux la garniture, — anneaux en fonte ou bronze, entiers ou en segments; leur élasticité propre ou des ressorts les appliquent à frottement doux contre le cylindre. Le piston doi offrir une fermeture étanche pour que la vapeur ne s'échappe pas inutilement; il doit pouvoir glisser avec une grande facilité, mais ne pas user ou n'user que d'une manière uniforme les parois du cylindre.

La garniture du piston est obtenue par les anneaux *rr* qui se placent dans les rainures du plateau : ils sont généralement en bronze, en fonte, en acier ou en métal de composition. Cette composition, formée de cuivre, d'étain et d'antimoine, est plus molle que le cylindre qui ne s'use presque pas et qui à la longue devient brillant. Malgré ces avantages, on n'emploie pas d'une manière absolue cette composition ; elle est cassante et peut fondre si la machine marche sans vapeur. Quant à l'acier, il paraît qu'il use trop et d'une manière inégale le cylindre.



Anneau de piston.
1/12 de grandeur naturelle.

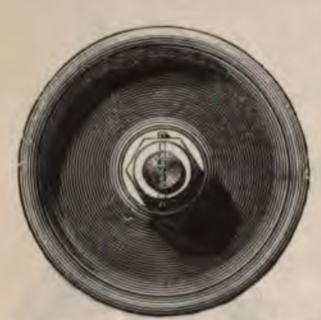
Les anneaux du piston sont d'abord fermés ; leur diamètre est de 6 millimètres plus grand que celui qu'ils doivent avoir définitivement ; ils sont ensuite coupés de façon que leurs deux bouts restent espacés de 15 millimètres. Si dans cet état on les pousse dans le cylindre, l'élasticité du métal fait que les points *a*, *a*, qui d'abord étaient rapprochés, s'écartent de nouveau, et l'anneau se trouve appliqué contre le cylindre sans le secours d'aucun ressort. Pour éviter les fuites par la fente *aa*, on place derrière celle-ci de petites plaques. — Un piston comprend toujours deux anneaux dont les fentes sont opposées.

Dans les modèles ci-contre, on voit des pistons qui sont évasés ou creusés pour les rendre plus légers. *ss* est le piston proprement dit ; *n*, les rainures ; *a*, les anneaux élastiques. La tige S se terminant en cône est rivée au plateau. Les évidements ou rainures sont souvent fermés par un couvercle annulaire *p*, fixé par des entretoises.



Plateau de piston avec évasement supérieur.
1/12 de grandeur naturelle.

Dans le dernier modèle, les rainures ou rigoles se trouvent à l'extrémité du piston ; la vapeur ne peut pas s'y condenser comme dans les rainures supérieures fermées ; la tige S est boulonnée ou vissée, ce qui complique la construction.

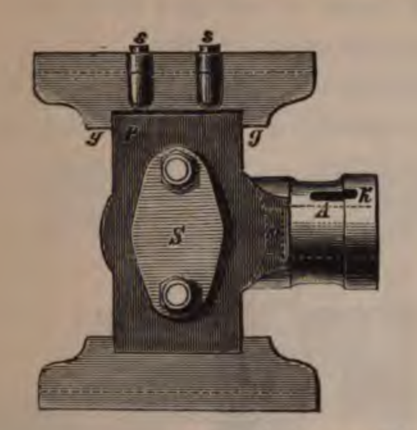



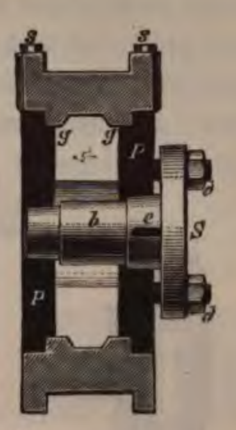
Plateau de piston avec évasement ou évidement inférieur.

On voit encore très souvent des pistons dont la tige, prolongée au delà du couvercle d'avant, entre par une boîte à étoupes dans un long tube de garantie, afin qu'elle ne heurte pas inopinément les personnes qui passent autour de la machine. — La théorie avait dit que le piston, n'étant pas soutenu et reposant sur la partie inférieure du cylindre, doit l'user ou l'ovaliser pendant que la partie supérieure reste intacte ; mais la pratique a répondu que cette usure n'est pas assez sensible pour justifier l'emploi d'un second presse-étoupe qui ne serait qu'une complication inutile.

L'acier est le métal à préférer pour les tiges de piston, dont les dimensions — à sécurité égale — peuvent être plus petites. Les tiges ajustées se détachent quelquefois, ce qui peut donner lieu à de graves accidents ; cela n'arrive pas avec le piston Ramsbottom d'une seule pièce, — le meilleur de tous, mais aussi le plus cher et le plus difficile à établir.

Construction de la crosse, tête, croisillon, ou coquille de la tige du piston. — La crosse dans le premier modèle est formée d'un raccord A destiné à recevoir la tige du piston et qui se termine en deux plaques PP. K est la fente destinée au coin de calage ou clavette de la tige et qui se prolonge vers la petite ouverture *o* laquelle donne la facilité d'enlever la crosse et la tige en cas de réparation. Les deux plaques P reçoivent le tourillon *b* qui doit être placé à l'extérieur de la machine pour qu'il ne tombe pas dans les rayons de la roue s'il se rompait.

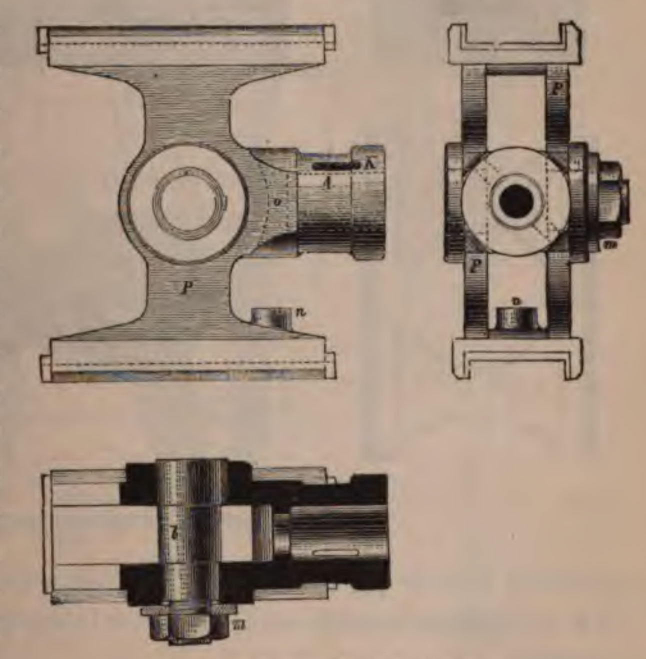




Crosse de piston, premier modèle.
1/8 de grandeur naturelle

S, plaque de serrage; *d*, vis de serrage; *g*, *g*, glissières; *s*, *s*, vis de serrage des glissières A, raccord de la tige; K, *o*, ouvertures de la clavette ou coin de calage; P, P, joues de la crosse; *b*, tourillon de la crosse; *e*, ouverture de la clavette devant empêcher la rotation du tourillon.

Dans le deuxième modèle, le tourillon *b* se termine en une vis serrée par l'écrou *m* ; au point *n* se trouvent les godets à l'huile. Les patins de glissière et la crosse proprement dite forment un seul bloc qui est fabriqué au moyen de presses hydrauliques ; ce procédé donne de bons résultats, mais il demande

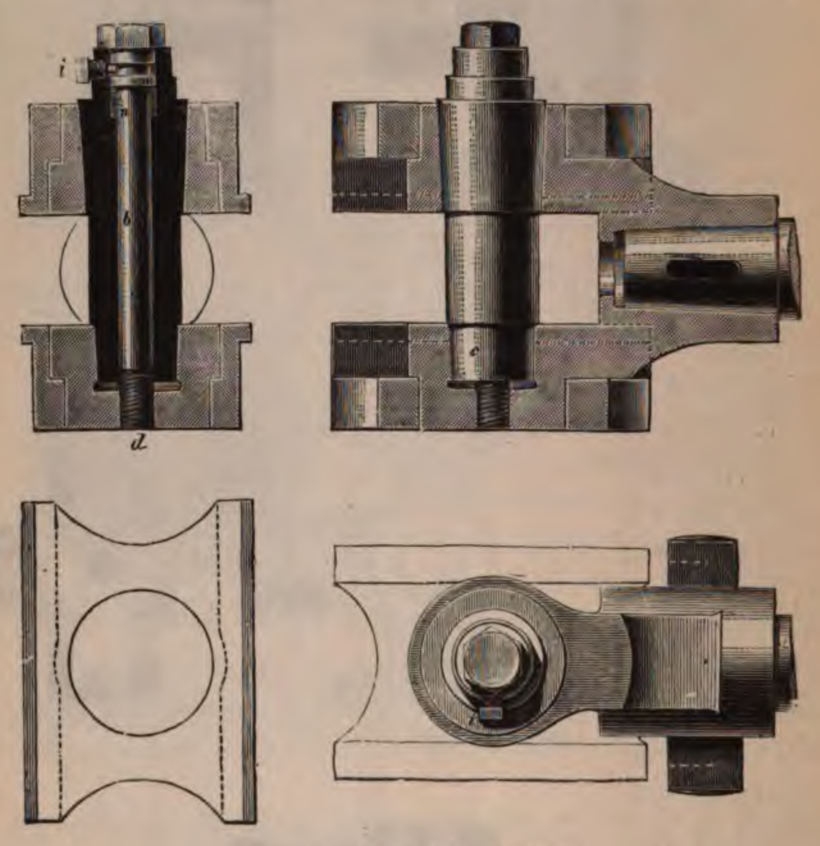


Crosse de piston, deuxième modèle.
1/8 de grandeur naturelle.

P, crosse ; *d*, raccord ; A, tige du piston; K, clavette ; *n*, godets; *b*, tourillon ; *m*, écrou de serrage.

de vastes installations et à cause de son prix élevé n'est guère usité; on préfère rapporter les patins ou semelles.

Le troisième modèle est généralement employé pour les cylindres intérieurs; ses dimensions en hauteur ne sont pas considérables, ce qui permet de descendre la chaudière. — Le cône *c* est percé de part

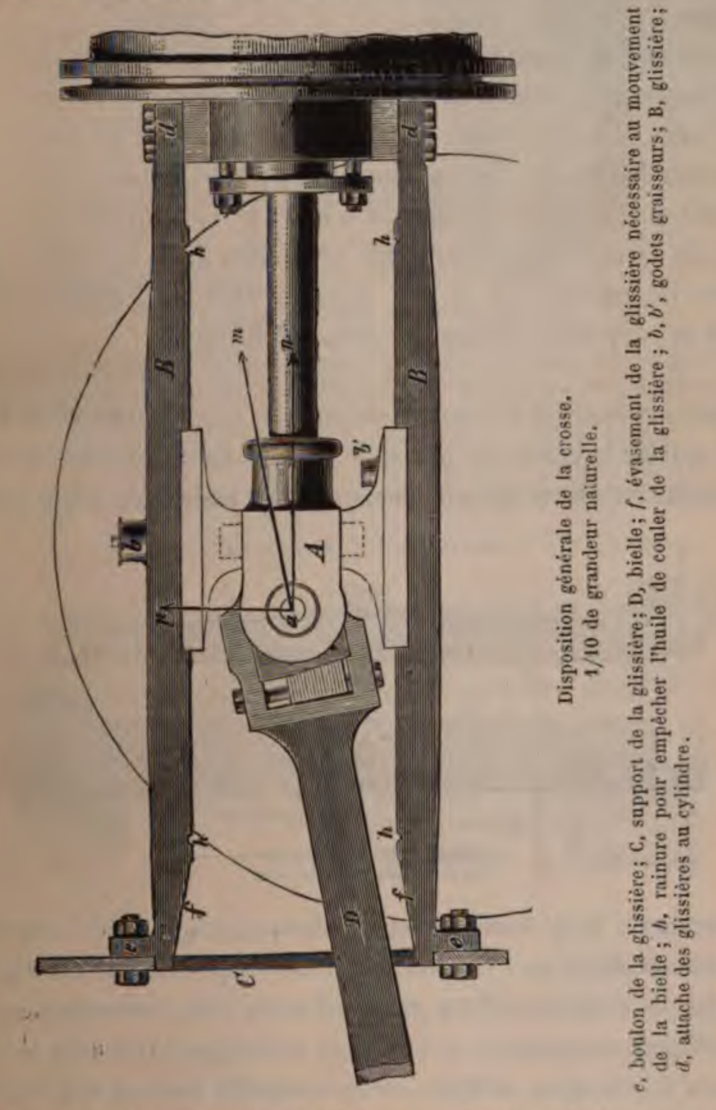


Crosse de piston, troisième modèle.
1/5 de grandeur naturelle.

en part et attaché par le boulon *b*. Pour empêcher la sortie de la vis *d*, on applique la petite vis *i*; on enlève le boulon par le pas de vis au point *n*.

Par le dessin ci-dessous, on peut se rendre compte de la disposition générale d'une crosse. La pression de la bielle sur le tourillon *a*, dans

e sens *am*, peut être décomposée en deux forces *ap* et *an*. Ces forces gissent, l'une sur la glissière, l'autre sur la tige du piston. La orce *ap* presse le patin non point au milieu, mais à l'arrière ; il en ésulte donc une inégalité d'usure.



Disposition générale de la crosse.
1/10 de grandeur naturelle.

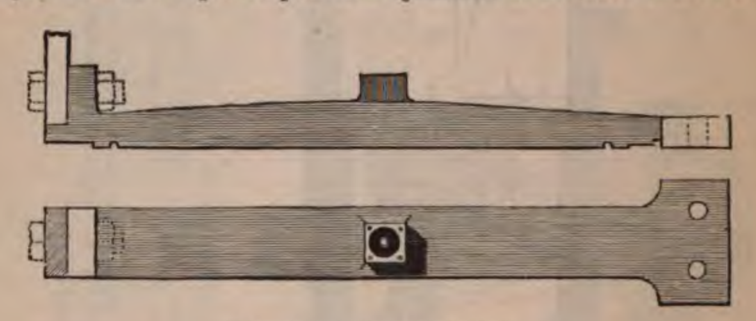
e, boulon de la glissière ; C, support de la glissière ; D, bielle ; *f*, évasement de la glissière nécessaire au mouvement de la bielle ; *h*, rainure pour empêcher l'huile de couler de la glissière ; *b*, *b'*, godets graisseurs ; B, glissière ; *d*, attache des glissières au cylindre.

Avaries des pistons. — Si les pistons perdent un de leurs segments ou un de leurs boulons, le défoncement des cylindres devient inévi-

table, si le mécanicien ne s'en aperçoit pas à temps. La rupture des pistons, le faussage des tiges ou des bielles, l'écrasement des lumières en sont la conséquence. S'il se déclare des fuites trop fortes, il faut s'arrêter, la réparation des garnitures ne pouvant pas avoir lieu sur place.

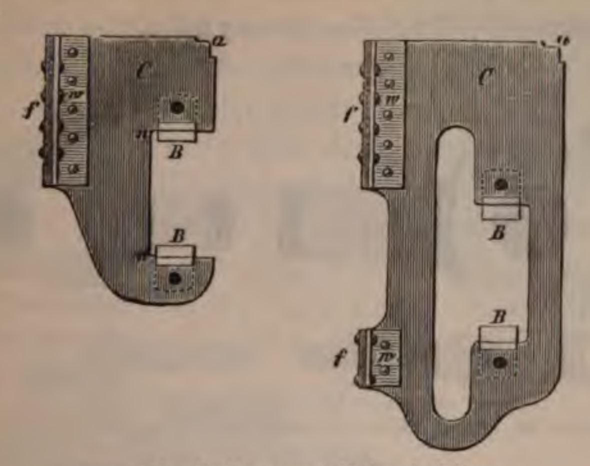
Le mécanicien, ayant reconnu la fuite par l'irrégularité des coups de l'échappement, doit chercher lequel des deux pistons est avarié. A cet effet, il doit suivre le moment où il se produit un coup faible ; la position des manivelles lui indiquera ce piston. La succession régulière des quatre coups de vapeur a lieu : nº 1, à l'avant par le cylindre de gauche ; nº 2, par celui de droite ; nº 3, à l'arrière par le cylindre de gauche ; nº 4, par celui de droite. Le numéro où se produit le coup faible indique le cylindre cherché.

Glissière et support de glissière du piston. — Les glissières ont pour but de guider la crosse du piston ; elles sont au nombre de deux pour les cylindres et de quatre pour les cylindres intérieurs. Elles sont en



Élévation et plan de glissière.
1/8 de grandeur naturelle.

fer ou en acier et de section rectangulaire. La figure précédente indique leur attache au cylindre et à leur support. Pour qu'il ne se forme pas de rainures sur les glissières et qu'elles s'usent également, on fait dépasser les patins de la crosse. Le support à gauche est destiné aux locomotives à deux essieux couplés ; le support à droite, pour trois et quatre essieux couplés. Ces supports sont en tôle de 25 millimètres d'épaisseur.



Support de glissière pour cylindres intérieurs.
1/24 de grandeur naturelle.

B, glissière; C, support; *f*, longeron auquel le support est attaché par les cornières *w*
a, *a*, échancrure pour la cornière de la plate-forme du mécanicien; *n*, *n*, évasement pour l'entrée de la crosse.

§ 2. — LES ORGANES DE TRANSFORMATION DU MOUVEMENT ALTERNATIF DU PISTON EN MOUVEMENT DE ROTATION DES ROUES.

Ces organes comprennent les bielles motrices, les bielles d'accouplement et les manivelles avec leurs tourillons.

Au piston *k* du cylindre *c* est attachée sa tige *s*, avec sa crosse *o*

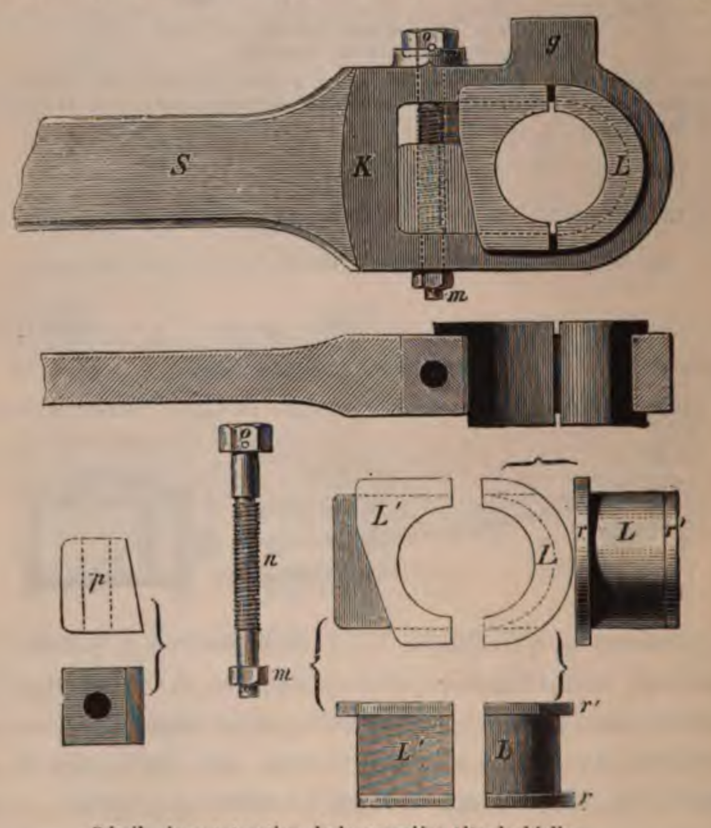


et ses glissières *g*, qui attaque par la bielle motrice P la manivelle R au bouton de manivelle Z, et décrit le cercle *n*, *n*. Cette manivelle est calée sur l'essieu moteur, et c'est ainsi que la locomotive est mise en mouvement; si elle n'est pas trop lourde, une seule paire de roues motrices suffit, sinon il faut en créer d'autres; on y arrive en transformant les roues libres porteuses en roues motrices par leur liaison avec les premières au moyen de bielles d'accouplement.

Bielles motrices. — Ces bielles, comme les bielles d'accouplement, sont en fer forgé ou en acier ; elles ont généralement une section



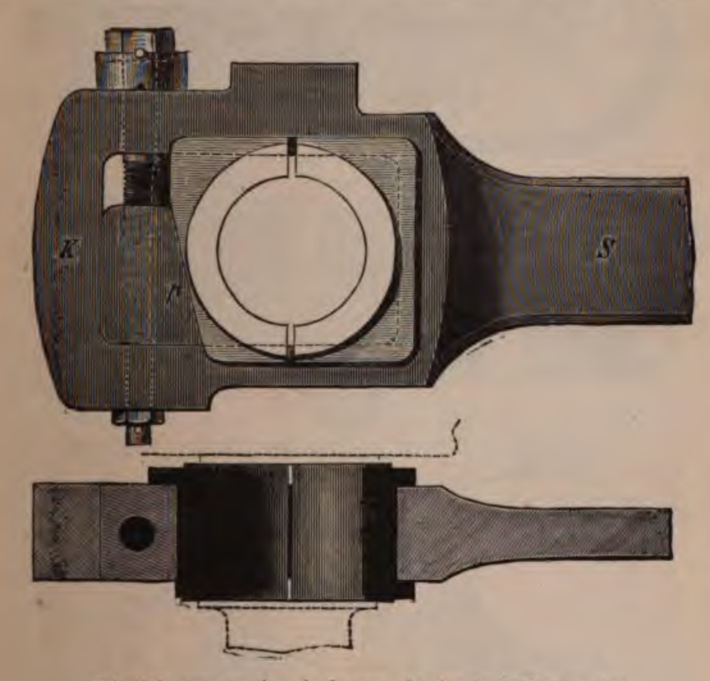
Bielle motrice. — 1/8 de grandeur naturelle.
S, corps de la bielle ; KK, têtes de bielle ; zz', tourillons de la manivelle et de la tige du piston.



Détails de construction de la première tête de bielle.
1/5 de grandeur naturelle.
S, bielle ; K, tête de bielle ; LL', coussinets ; g, godet à huile ; rr', rebords pour empêcher le déplacement des coussinets ; p, coin de réglage, clavette ; on, vis de réglage.

rectangulaire. Pour en diminuer le poids, on leur a donné la forme du fer à T placé en hauteur, et dont nous verrons plus loin un modèle. Les bielles rondes sont presque abandonnées.

La clavette *p* est percée pour laisser passer la vis de réglage au moyen de laquelle le coussinet est serré. Ce serrage à bloc est très important, car il faut que les deux joues se touchent; le vide figuré aux dessins est rempli par de petites cales très minces; on les retire successivement au fur et à mesure qu'elles sont usées.

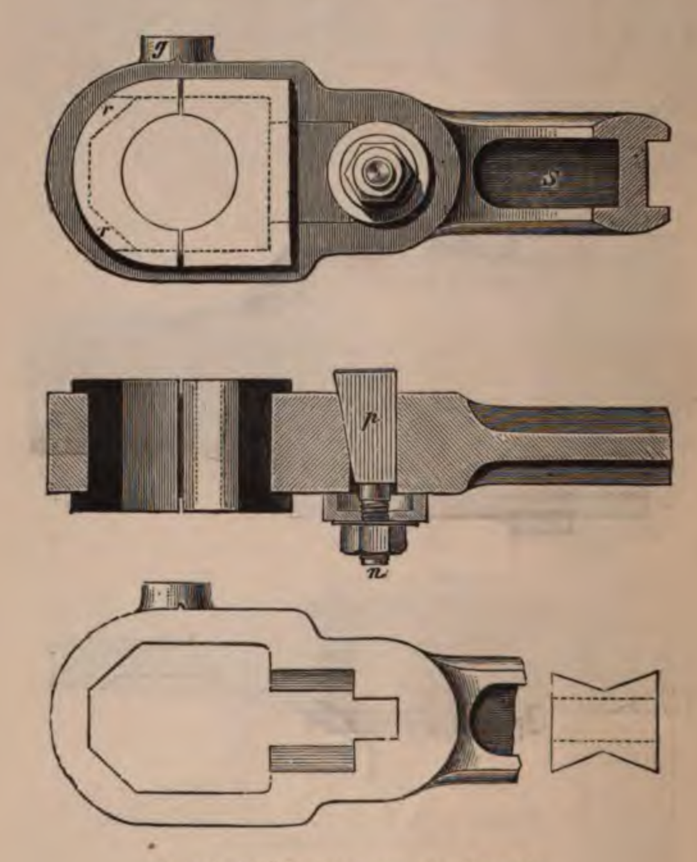


Détail de construction de la seconde tête de bielle motrice.
1/4 de grandeur naturelle.

S, bielle; K, tête de bielle; *p*, clavette.

L'ensemble de la construction (page 108) est le même que celui de la bielle ci-dessus. La bielle est quelquefois en fer à T; la clavette avec sa vis de réglage est d'une seule pièce. — L'introduction de la vis de serrage *n* termine l'opération du montage. On voit que c'est le modèle d'une construction très délicate, qui demande une grande exactitude (page 109, 1re et 2e figures).

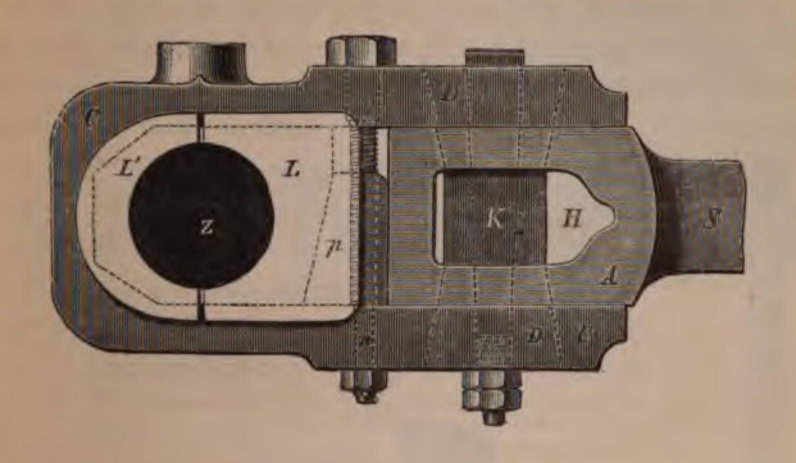
L'étrier précédent est remplacé ici (page 109, 3e figure) par la pièce C, qui doit être placée par le côté à cause des rebords *nn*. Sans ces rebords, la stabilité de la construction ne reposerait que sur le boulon *m*. Les coussinets sont comme toujours en bronze ou en métal antifriction.



Tête de bielle motrice avec clavette à vis.
1/4 de grandeur naturelle.

S, tige de bielle; *r*, rebord; *p*, clavette; *n*, écrou de serrage; *g*, godets à huile.

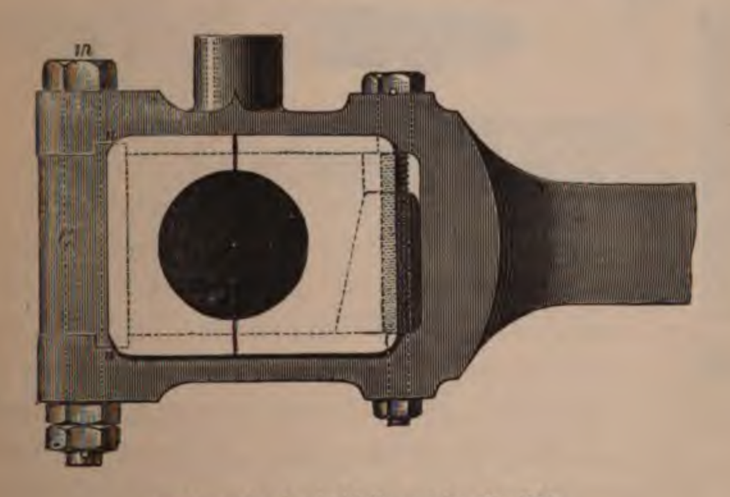
Bielles d'accouplement. — La forme de ces bielles, autrefois appelées bielles de connexion, est la même que celle des bielles motrices, mais comme elles n'ont à supporter que la moitié ou le tiers de la pression exercée sur la bielle motrice elles peuvent être plus légères.





Autre spécimen de tête de bielle motrice.
1/4 de grandeur naturelle.

S, bielle ; A, raccord ; C, étrier; p, clavette; LL', coussinet ; Z, tourillon ; DD, brides ; K, clavette ; n, vis de serrage ; H, évasement pour diminuer le poids.

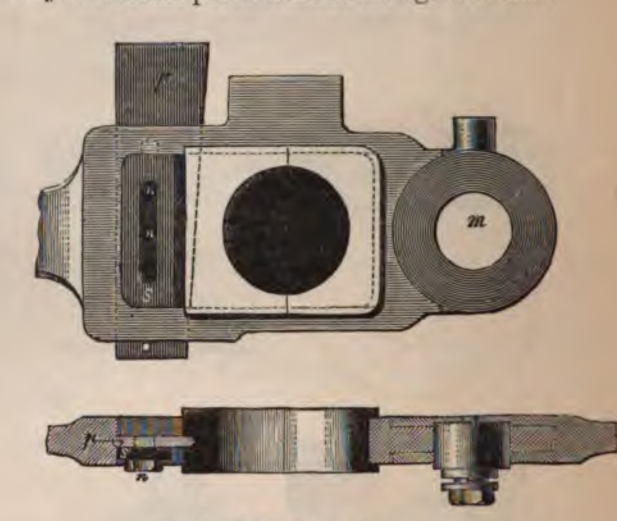


Spécimen de tête de bielle motrice simplifiée
1/4 de grandeur naturelle.

Seulement au milieu elles sont un peu renforcées à cause de leur longueur. Leur construction diffère suivant le nombre des essieux à accoupler. (Voir les trois figures ci-dessous.)

Le modèle ci-contre est destiné à l'accouplement de trois essieux. *z* est le tourillon de la bielle de la manivelle ; il est construit plus solidement que les tourillons d'accouplement *z'* et *z''*. La charnière *m* est indispensable, vu que par suite des continuelles oscillations de la locomotive les trois tourillons ne peuvent pas toujours rester parfaitement en ligne droite.

Bielle d'accouplement pour trois essieux.
1/16 de grandeur naturelle.



Tête de bielle d'accouplement.
1/6 de grandeur naturelle.

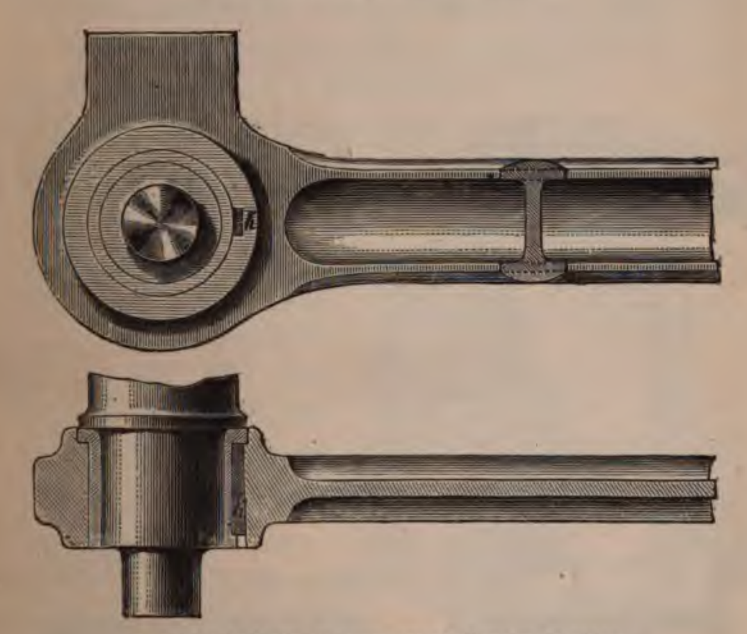
Pour la tête de la bielle d'accouplement, les joues des coussinets sont serrées par un coup de marteau donné sur la clavette *p*. On y applique la pièce forgée *s* ou contre-clavette ; par les vis *nn*, elle fait ainsi corps avec la clavette qui ne peut plus changer de place. Au point *m* est l'ouverture du boulon de la charnière dont la première figure, page 111, représente le détail.

Les coussinets des bielles d'accouplement des machines de grande vitesse sont assez souvent d'une seule pièce, ce qui dispense de

leur réglage. La tête de bielle est ainsi rendue plus légère. Le mécanicien doit veiller à la clavette *k*, sur laquelle repose l'action de la bielle. (Voir les deux dernières figures ci-dessous.)



Détail de la charnière de la bielle d'accouplement.
1/6 et 1/3 de grandeur naturelle.



Coussinet de bielle d'accouplement d'une seule pièce.
1/4 de grandeur naturelle.

Manivelles et tourillons. — La forme de la manivelle dépend de la position des cylindres, ou plutôt de la forme de l'essieu. Si les cylindres sont extérieurs, les essieux sont droits ; si les cylindres sont intérieurs, les essieux sont coudés, et leur coude est la manivelle même. (Voir § *Essieux*.)

Les tourillons *h* sont fixés dans la roue par une presse hydraulique. Les rebords *b* empêchent la bielle de quitter la fusée *z*.



Tourillons de machines à roues non couplées.
1/8 de grandeur naturelle.

Dans le modèle à droite, la bielle est empêchée — par un rebord ou anneau venu sur le coussinet — de glisser sur la fusée. Cet anneau se loge dans une rainure du tourillon, dont la longueur est ainsi diminuée, ce qui est une solution du problème; une autre serait que le tourillon *z* eût un prolongement *z'* qui formerait le bouton d'accouplement. L'anneau *s*, fixé par une clavette *a*, empêche la sortie de la bielle.



Tourillon de machine couplée deux fois.

Si les essieux sont couplés plus d'une fois, le tourillon de la manivelle est plus éloigné, et le tourillon *z'* forme alors la partie intérieure.

Le modèle à droite d'une machine à essieux couplés deux fois diffère des précédents par la conicité *c* de la partie intérieure du tourillon. Il y a aussi des fusées biconiques, mais peu répandues.

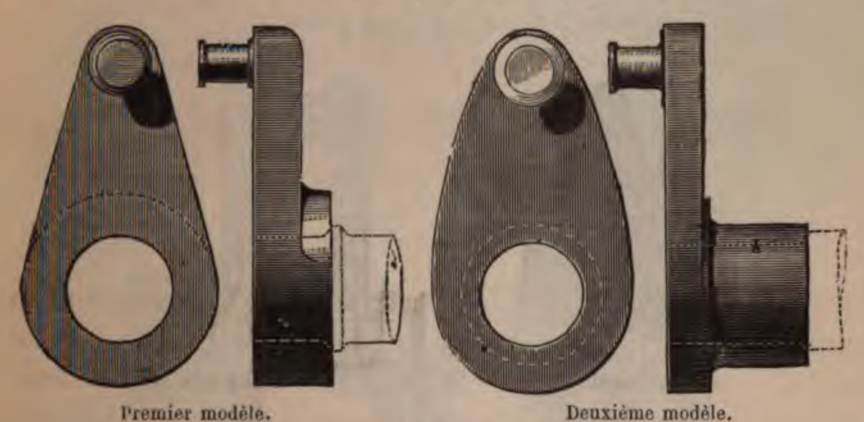




Tourillons de manivelles des roues couplées plus d'une fois.
1/8 de grandeur naturelle.

Pour les cadres intérieurs, les tourillons sont fixés aux roues; il n'en peut pas être de même pour les cadres extérieurs; dans ce cas, les manivelles sont calées avec clavette sur l'essieu. La manivelle et le

tourillon sont d'une seule pièce. Cette disposition est indiquée par les quatre modèles suivants, qui sont les plus usités.

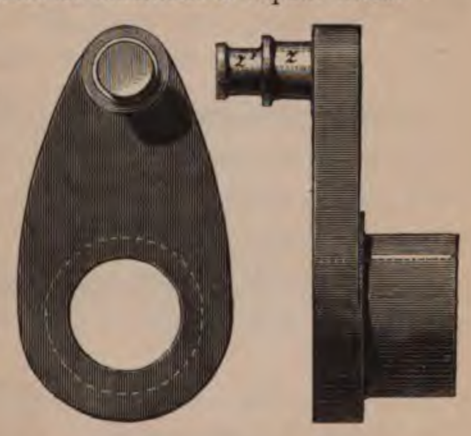


Premier modèle. Deuxième modèle.

Manivelle pour cadres ou châssis extérieurs.
1/10 de grandeur naturelle.

Dans le deuxième modèle, la fusée de l'essieu forme en même temps l'axe de la manivelle, comme dans les machines à vapeur fixes.

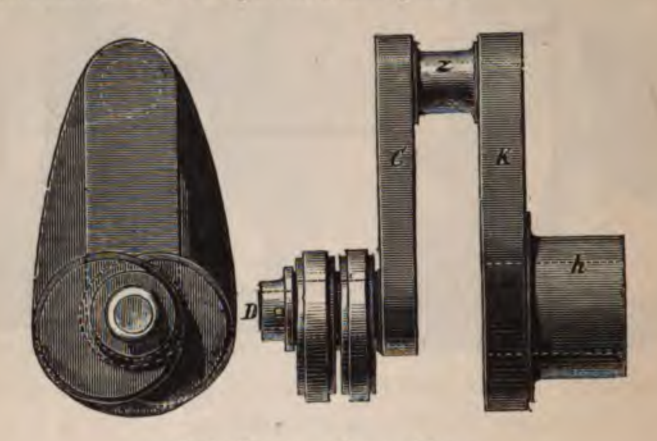
Le troisième modèle représente le tourillon d'une machine à essieux couplés. S'il n'y a qu'un essieu couplé, z est le tourillon de la manivelle et z' le tourillon de la bielle d'accouplement. S'il y a plus d'un essieu couplé, c'est l'inverse : z' est le tourillon de la manivelle et z le tourillon de la bielle d'accouplement.



Manivelle pour cadres ou châssis extérieurs.
Troisième modèle.

Le quatrième modèle de manivelle est celui de la locomotive type Crampton, où l'essieu moteur est derrière le foyer. Tout le mouvement est alors extérieur, faute de place à l'intérieur. h est l'axe de la manivelle qui sert de fusée ; z est le tourillon auquel est attachée une contre-manivelle C qui se termine en tourillon formant

l'axe des excentriques. Si tout cet appareil n'est pas d'une seule pièce, on fixe z avec C dans K, — ou encore on établit d'une pièce K, z et C que l'on attache à D qui est d'une pièce.



Manivelle pour cadres extérieurs.
Quatrième modèle.
1/10 de grandeur naturelle.

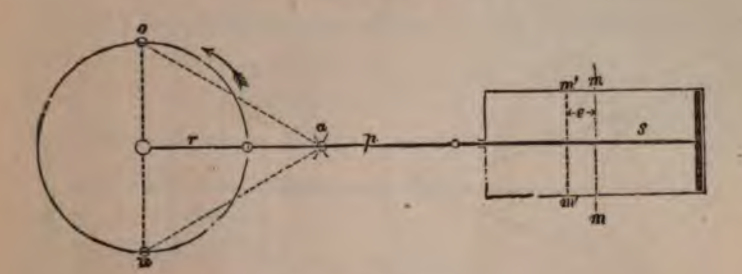
§ 3. — LA DISTRIBUTION.

Le mécanisme destiné — comme nous l'avons annoncé — à faire passer ou distribuer la vapeur alternativement sur les deux faces du piston est appelé : la distribution. Elle est composée du tiroir, des excentriques et de la coulisse.

Le chemin total que décrit le piston est : sa course, qui est le double de la longueur de la bielle, et égale au diamètre du cercle que décrit la manivelle.

Nous allons commencer par examiner les diverses positions du piston d'après les figures que voici : le piston est au point mort (à droite). La tige du piston s, la bielle p et la manivelle r forment une ligne droite. La verticale mm passe par le milieu du cylindre. Si la manivelle est placée aux points extrêmes o et u, on trouve la position du piston en décrivant du point o ou u un cercle dont le rayon = longueur de la bielle, et qui coupe la ligne rs au point a. De ce point, on porte vers le cylindre la longueur de la tige du piston et on voit le piston

sur la verticale $m'm'$. Comme la manivelle parcourt ses deux demi-cercles avec la même vitesse, il faut qu'à la moitié à gauche corres-



Point mort du piston.
Première position.

ponde une plus grande course du piston. Entre ces deux éléments : vitesse et course, il s'établit une corrélation intime qui peut être déterminée par les trois positions suivantes.

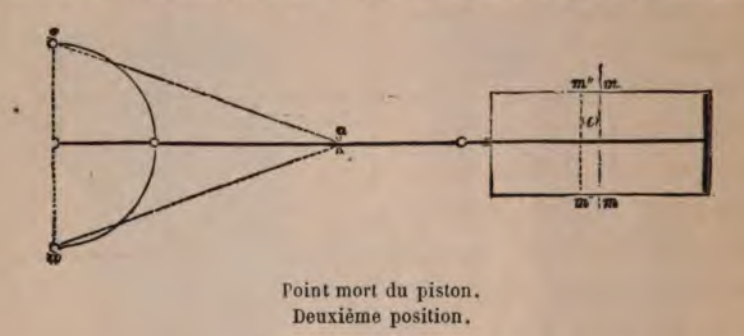
Première position. — Quand la manivelle est parvenue au point le plus élevé, le piston a dépassé le milieu du cylindre ; il faut donc qu'il marche plus vite pour l'autre partie, attendu que le chemin est



Dessin de démonstration de la marche du piston.

plus grand comme nous venons de le dire. Si l'on divise le cercle de la manivelle en 16 parties, et si l'on cherche pour chacune de ces parties la position respective du piston, on trouve que pour les chemins égaux de la manivelle les parcours du piston sont inégaux et qu'ils augmentent à partir des points morts. Le chiffre 16 sert d'exemple.

Deuxième position. — Si la manivelle marche uniformément, la vitesse du piston augmente à partir des points morts, et elle est la plus grande au point le plus élevé de la manivelle. Le piston se trouve à *m''m''* d'autant plus près du milieu du cylindre que la bielle est plus



Point mort du piston.
Deuxième position.

longue comparativement à la manivelle. Comme la locomotive possède deux cylindres, les manivelles doivent être placées à angle droit. La manivelle R est au point le plus élevé *o* ou *u* quand celle R' est au point mort *t*. — Aux points *m, m* se trouvent les positions moyennes des manivelles.

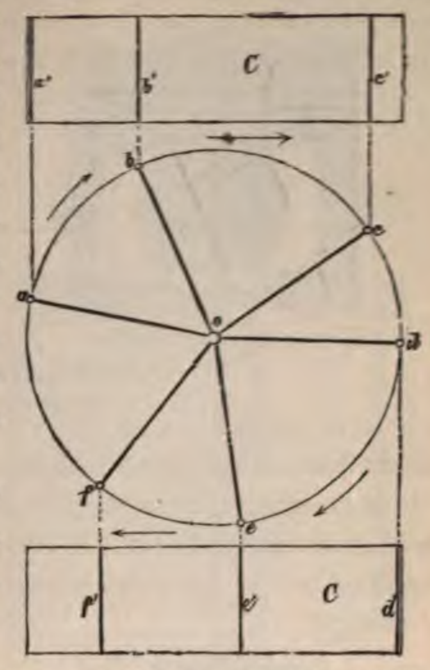
Troisième position.—Dans la marche en avant, l'une des manivelles dépasse l'autre d'un angle droit, et les pistons se meuvent de manière que la plus grande vitesse de l'un coïncide avec la plus petite vitesse de l'autre. Dans quatre moments, les deux pistons ont la même vitesse quand les manivelles occupent les points *m, m* entre les points extrêmes *t, t* (voir la figure ci-contre). Si l'on prend en considération l'irrégularité de la marche des pistons, et si l'on suppose que, dans la plus grande élé-



Position des manivelles dans les deux cylindres.

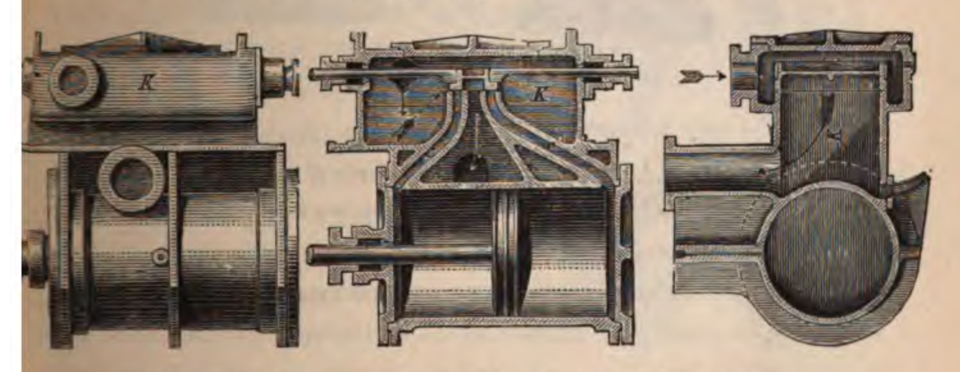
vation de la manivelle, le piston se trouve au milieu du cylindre, on peut d'une manière facile trouver la position du piston pour chaque position de la manivelle. La course du piston est le double de la longueur de la manivelle et égale — on le sait déjà — au diamètre du cercle décrit par la manivelle. Dessinons le cylindre C au-dessus du cercle de la manivelle, nous trouvons pour un point quelconque de la manivelle *oa* la position du piston, en projetant *a* en haut, donc à *a'*; pour *ob* à *b'*, pour *oc* à *c'*, etc., etc.

Il en est de même pour le retour du piston ; le cylindre se trouve au-dessous : ainsi à *od*, *oe*, *of*, etc., correspond la position du piston *d'*, *e'*, *f'*, etc.



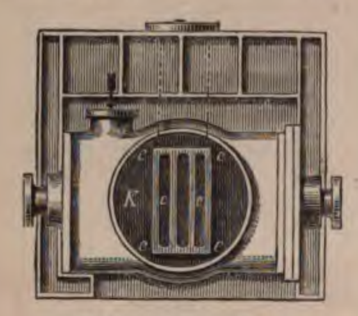
Position relative du piston et de la manivelle.

Construction du tiroir. — Le tiroir de toutes les machines à vapeur est une petite caisse oblongue en fonte ou en bronze qui glisse sur la surface du cylindre appelée glace, miroir, table de friction ou



Élévation, coupe longitudinale et profil en travers de la boîte à tiroir.
Échelle de 1/24 de grandeur naturelle.

table tout court *ee* dans la boîte K, pour laisser entrer par les canaux ou lumières d'introduction *cc* la vapeur tantôt d'un côté, tantôt de





Plan de la boîte du tiroir. Table du tiroir à une échelle plus grande.
1/24 de grandeur naturelle.

l'autre du cylindre, d'où elle s'échappe par la lumière d'échappement dans le tuyau d'échappement. (Figures ci-dessus.)

Cette admission de la vapeur effectuée par la marche du tiroir ressort plus clairement dè l'inspection de la figure ci-dessous. Elle nous montre le tiroir S qui glisse sur sa table où débouchent les

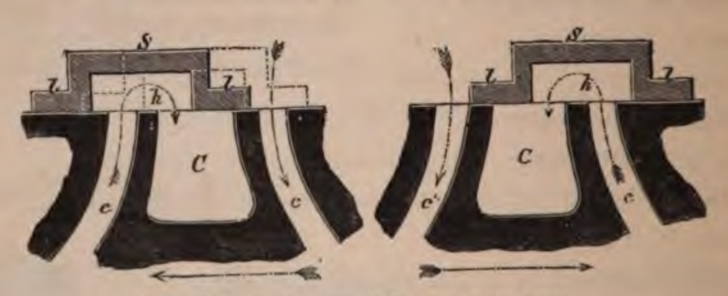
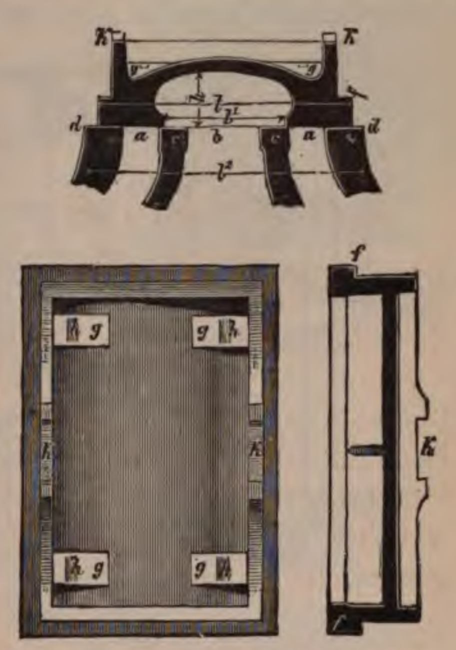


Figure de démonstration de la marche du tiroir.

lumières *cc* par lesquelles entre la vapeur en suivant les rebords, appelés bandes, *l*, *l*. De la chambre du tiroir *h* elle s'échappe ensuite par la lumière d'échappement C, comme nous venons de le dire.

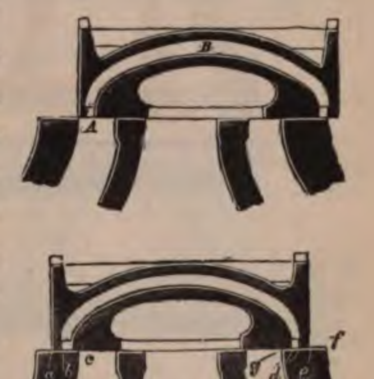
En regardant avec attention les dessins page 119, on voit que la vapeur entre par la lumière d'admission ou d'introduction *a* et sort par le canal *b*, — lumière d'échappement. — La longueur totale *l* est égale à la largeur des lumières, plus les bords intérieurs *c* des lumières, plus le double du recouvrement extérieur. La grandeur des recouvre-

ments dépend de l'excentricité et du degré de la détente ; elle est de 15 à 30 millimètres ; le recouvrement intérieur est de 1 à 5 millimètres. La longueur l^2 de la table doit être assez grande pour que les bords extérieurs du tiroir — quand la distribution est au milieu — dépassent *d*, sans cela il s'y formerait un arrêt. La hauteur intérieure *h* du tiroir doit être égale à la largeur de la lumière d'introduction. Dans l'établissement de la hauteur *cf*, il faut prendre l'usure en considération pour ne pas trop réduire cette dimension. — Les petites bandes *g* avec les rainures *h* servent de point d'appui aux ressorts. La largeur du tiroir est de 0m,02 plus petite que le diamètre du cylindre.



Profil en travers, plan et section longitudinale du tiroir.
1/8 de grandeur naturelle.

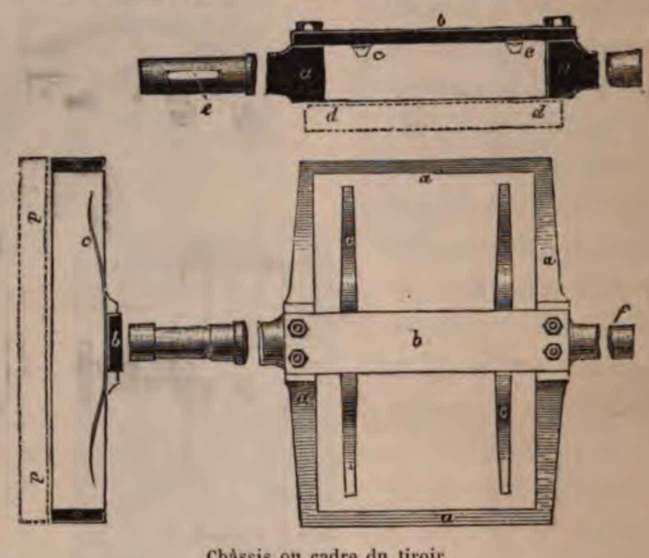
La première figure de ce modèle représente le tiroir au moment où il est ouvert. Son effet se fait voir dans la seconde figure. Les longueurs *ab*, *ac* et *gf* sont déterminées de façon que le bord *a* atteint le point *c*, et le point *d* le rebord *f*. Lors du mouvement ultérieur du tiroir, la vapeur passe dans la lumière A, non seulement près de *c*, mais aussi par le canal auxiliaire B.



Tiroir à grandes lumières.
1/8 de grandeur naturelle.

Le châssis *aa* du tiroir couvre le tiroir ; c'est un cadre en fer forgé renforcé par la bride *b* qui est ou vissée sur le

cadre ou placée dans l'échancrure *k* des figures précédentes. Cette bride sert aussi d'appui aux ressorts qui doivent presser le tiroir contre la table. Comme ils cassaient trop souvent, on ne les emploie



Châssis ou cadre du tiroir.
1/8 de grandeur naturelle.

plus guère, surtout depuis qu'on a remarqué que la vapeur presse d'une manière satisfaisante le tiroir contre la table, et qu'en réalité ces ressorts sont une complication inutile.

Construction de la tige du tiroir. — Le cadre se termne par la tige du tiroir reliée avec le raccord A, appelé prisme, par une tige *a* avec la clavette *f* pour être guidée dans la boîte à étoupe. Ce prisme saisit par la fourche *b*, *b* le coulisseau au point *c* avec le boulon *d* fixé au point *e* par une goupille.

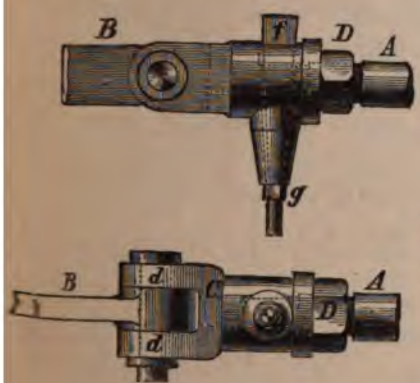


Raccord de la tige du tiroir au coulisseau.
1/8 de grandeur naturelle.

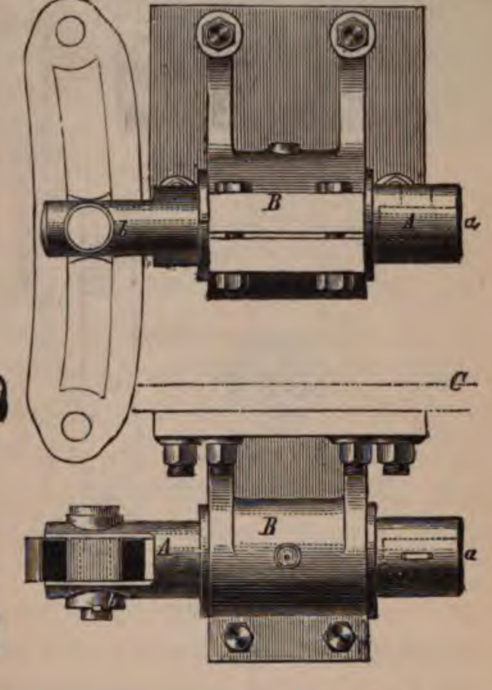
Les deux figures indiquées à la page 121, à droite, font voir un autre spécimen de raccord A avec le guide B et les petits raccords *b*.

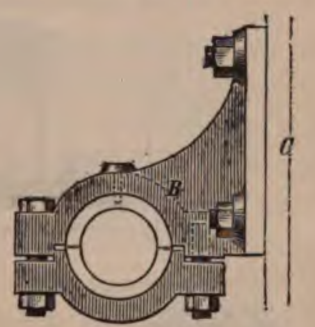
Ce système qui vient d'être indiqué sommairement ne peut pas être établi d'une seule pièce, parce qu'il ne pourrait pas passer par la boîte du tiroir qui doit le guider et former avec lui une fermeture étanche.

Dans la distribution Gooch et Allan, il faut intercaler entre la coulisse et la tige du tiroir une pièce mobile dans le sens vertical, attendu que la tige ne peut pas participer à ce mouvement, ni avoir de charnière à cause des boîtes à étoupes. A est la tige du tiroir ; C, la pièce de jonction en forme de charnière *dd* ; la clavette *f*, serrée par l'écrou *g*, permet le réglage de la longueur de la tige du tiroir, l'écrou D donne à tout le système la solidité voulue.



Réglage de la tige du tiroir (Gooch).





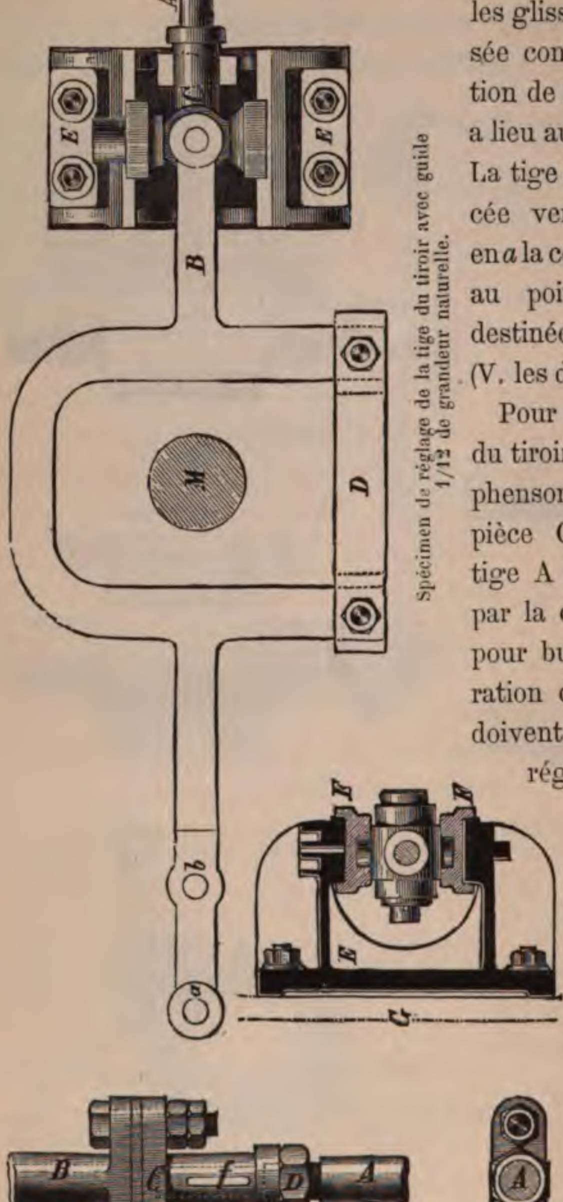
Raccord de la tige du tiroir avec guide.
1/8 de grandeur naturelle.

Dans le modèle avec guide pour la tige du tiroir de la distribution Gooch et Allan, la pièce du milieu C entre la tige A et la partie B est formée en crosse et est

guidée par les patins FF entre les glissières d'une plaque vissée contre le cadre. La fixation de la pièce C avec la tige a lieu au moyen d'une clavette. La tige B, qui peut être déplacée verticalement, embrasse en *a* la coulisse et le coulisseau ; au point *b* est l'ouverture destinée à la tige de suspension. (V. les deux premiers dessins.)

Pour le réglage de la tige du tiroir dans la coulisse Stephenson, on se sert d'une pièce C intercalée entre la tige A et le prisme B, fixée par la clavette *f*. L'écrou D a pour but de faciliter la séparation des pièces quand elles doivent être ajustées. Pour les régler, on a recours aux plaques E (en bas).

Il y a encore d'autres constructions qui diffèrent dans le mode du déplacement longitudinal de la tige du tiroir. Souvent les mécaniciens règlent eux-mêmes cette longueur, quand ils croient que la distribution ne marche pas correc-



Spécimen de réglage de la tige du tiroir avec guide 1/12 de grandeur naturelle.

Réglage de la tige pour la coulisse Stephenson.

tement; mais cela ne leur réussit que dans des cas très rares, et il vaut mieux qu'ils s'en dispensent. Il est vrai que les intervalles entre les coups de la vapeur, qui s'échappe dans la cheminée, indiquent par le degré de leur uniformité la marche de la distribution ; si un de ces coups est plus fort que les autres, l'introduction de la vapeur est trop grande, et on peut y remédier par le déplacement du tiroir en diminuant la lumière; mais comme la vapeur s'échappe des deux cylindres, la confusion est facile, et le mécanicien peut chercher à corriger précisément le tiroir qui marche bien.

Double tiroir. — La distribution avec double tiroir est résultée de l'effort d'écarter la compression de la vapeur, et d'obtenir rapidement de grandes lumières d'admission. Les dispositifs qui se rencontrent le plus généralement consistent en deux tiroirs superposés ou en deux boîtes à tiroirs, ou boîtes à vapeur. Le tiroir supérieur sert à la détente; il n'influe ni sur l'admission ni sur la compression. Le tiroir inférieur ou de la distribution a pour but de couper la vapeur. Son mouvement est obtenu par une seconde coulisse qui oscille autour d'un point fixe, et qui est mise en mouvement par la barre d'excentrique d'arrière; c'est ce qu'on a appelé la détente variable.

La course du tiroir de détente et l'étendue de celle-ci sont régularisées par le coulisseau de la coulisse de détente.

Cette construction est très compliquée, car presque tous ses organes sont en double, et son utilité est problématique. L'absence de la compression augmente en vérité la puissance de la machine, mais en même temps la dépense de vapeur. Les doubles tiroirs donnent double frottement et occasionnent de nombreuses réparations. Leur unique avantage est d'offrir une grande rapidité dans l'ouverture des lumières d'admission. Pour les nouvelles machines, on n'emploie presque plus ce système, et souvent on l'enlève aux anciennes locomotives, quand elles sont forcées d'entrer en grande réparation.

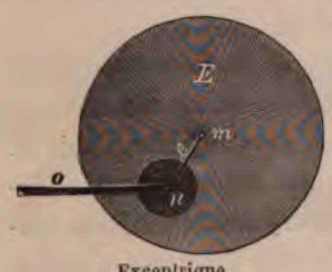
Avaries du tiroir. — Si à la longue la table de friction est usée par le frottement, il faut la redresser à la lime, au rabot ou au ra-

cloir. Après plusieurs redressages, le tiroir doit être remplacé. Les avaries qui peuvent se présenter sont les fuites et les ruptures au rebord des lumières ou barettes, causées par l'usure, le grippage ou la rencontre d'un corps étranger tel que boulon, vis, morceau de garniture. Ces fuites se manifestent, comme celles du piston, par le sifflement dans l'échappement. S'il arrive que le tiroir ne reçoive plus aucun mouvement, par suite du déclavetage de sa tige, la boîte du tiroir peut être mise en communication directe avec le cylindre.

La recherche de ces avaries est une des opérations les plus délicates qui incombent au mécanicien, attendu qu'il ne sait pas positivement dans quel cylindre elles peuvent se trouver. Il commence par placer chacune des distributions au point mort et ouvre les purgeurs et le régulateur; si alors la fuite est très grande, et qu'on ne puisse pas isoler un des côtés de la machine, il faut s'arrêter et attendre la machine de secours.

L'accident qui peut arriver à la tige de tiroir et dont le mécanicien se rend facilement compte, c'est sa rupture; dans ce cas, il faut l'isoler en démontant la bielle motrice.

Disposition des excentriques. — Le mouvement de va-et-vient du tiroir est obtenu au moyen d'un excentrique qui est un disque E calé sur l'essieu moteur n. Le centre m du disque est en dehors de celui de l'essieu. La distance nm est l'excentricité, désignée par la lettre e. La manivelle de l'essieu moteur est désignée par la lettre o.

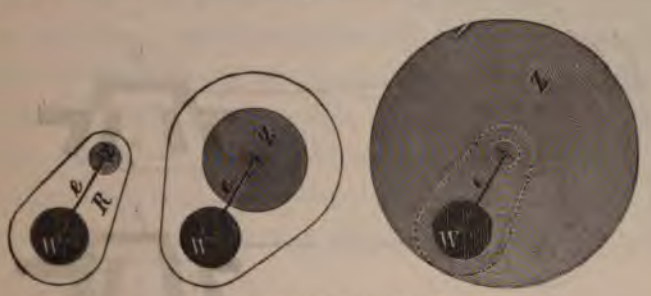


Excentrique.

Si la manivelle R (figure page 125) fait tourner l'essieu W, ce mouvement ne change pas, quand même le bouton de manivelle deviendrait plus grand (deuxième figure), du moment que l'excentricité e reste la même; il ne change pas davantage si ce tourillon dépasse même l'essieu (troisième figure), et c'est ainsi qu'on obtient l'excentrique.

Cet excentrique est entouré d'un anneau glissant auquel est atta-

chée la bielle de la tige du tiroir et qu'on nomme la barre d'excentrique, quelquefois aussi bielle d'excentrique.


Formation des excentriques.

Voici maintenant la marche de la distribution. A l'excentrique *e* es attachée la barre d'excentrique P ; à celle-ci, la tige du tiroir qui di-


Marche de la distribution.

rige le tiroir S ; *o* est le centre de la lumière d'échappement, et *b*, une glissière qui empêche la tige du tiroir *s* de ployer, ou de se fausser.

Le tiroir ferme les lumières *s*, mais ses rebords les dépassent ; ces derniers sont le recouvrement intérieur *i* et le recouvrement extérieur *a* (ci-contre).


Recouvrements du tiroir.

Ce recouvrement est de la plus haute importance pour la distribution de la vapeur ; afin de nous en rendre compte, considérons le tiroir sans recouvrement, quoique cela n'arrive pas dans la pratique. La largeur des lumières est donnée, celle des bords *s*, *s* également ; on a donc la longueur du tiroir.

Dans la première figure, le tiroir a la position moyenne, et les deux lumières d'admission sont fermées. Pour que le tiroir puisse effectuer

une égale distribution de vapeur, il doit avancer ou reculer uniformément, en oscillant, ou plutôt en se déplaçant autour du milieu *oo*.

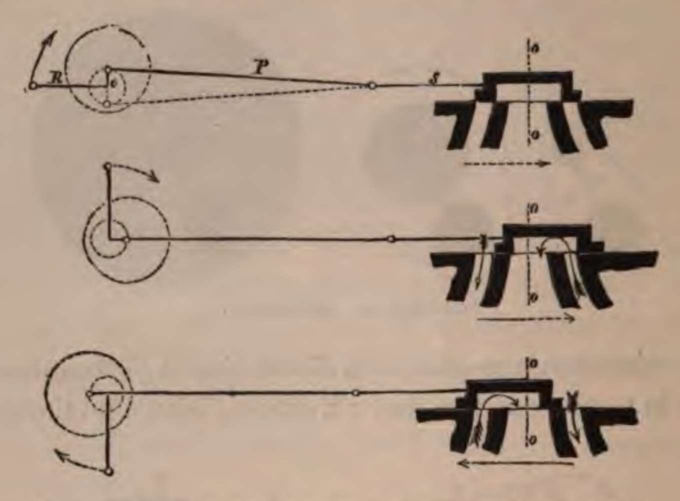


Figure de démonstration de la marche du tiroir sans recouvrement.

s, tige du tiroir; P, barre d'excentrique; *e*, excentricité; R, manivelle.

Si l'excentrique (deuxième figure) va de la gauche à la droite, et arrive en avant au point mort, le tiroir occupe la position extrême; s'il doit découvrir la lumière à gauche, il faut qu'il avance de la largeur de cette lumière. Si l'excentrique dépasse le point mort, le tiroir recule de la largeur d'une lumière pour arriver au milieu *oo*, et recule encore de cette même largeur pour ouvrir la lumière à droite. Le tiroir ayant parcouru ce chemin, l'excentrique est au point mort (troisième figure). Il s'ensuit que la course du tiroir doit être du double de la lumière, si les deux lumières doivent être ouvertes.— Cette course du tiroir est le double de l'excentricité, celle-ci étant égale à la largeur de la lumière. Ne perdons pas de vue qu'il n'y a pas de recouvrement dans notre supposition.

L'inspection de ces trois figures nous fait voir que la lumière d'introduction est fermée quand le piston est au point mort, et qu'elle est ouverte quand le piston possède sa plus grande vitesse. Ces deux positions ne sont pas favorables à l'admission, car au point mort, où le

mouvement change, le piston doit — pour ainsi dire — attendre la vapeur, et au milieu, où il a acquis sa plus grande vitesse, il reçoit la plus grande quantité de vapeur. En outre, la vapeur afflue pendant toute la durée de la course du piston, et — la détente de la vapeur n'étant pas utilisée — le combustible est brûlé inutilement.

L'excentrique est avancé de manière à former l'angle W. Le tiroir s'avance aussi vers la droite, et a déjà ouvert la lumière quand le



L'avance angulaire et l'avance linéaire.

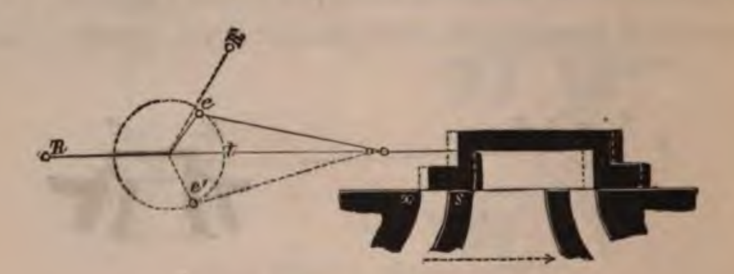
piston est encore au point mort. Cet angle W est : l'angle de l'avance ou l'avance angulaire ; et l'ouverture v sur laquelle la lumière est déjà avancée est : l'avance linéaire. La lumière à l'avant est ouverte de la largeur v' pour l'échappement de la vapeur ; on appelle cette avance linéaire : l'avance intérieure.

L'inconvénient de la distribution précédente est que la lumière reste fermée, quand le piston est au point mort. Cet inconvénient disparaît par cette avance qui offre encore d'autres avantages. Entre le piston et le couvercle du cylindre, il faut laisser un petit espace, afin que le premier ne défonce pas le second. Cet espace qui est de 9 à 12 millimètres est l'espace nuisible dont nous avons défini les effets nuisibles à l'article : *Compression de la vapeur* (chapitre III, § 4).

Nous allons poursuivre la marche du tiroir provoquée par l'avance de l'excentrique. Si ce dernier arrive au point t, le tiroir est ouvert en entier ; la manivelle n'est pas au point le plus haut de sa course, mais seulement à R′ ; le piston n'a pas encore atteint sa plus grande vitesse. Si l'excentrique est arrivé au point le plus bas, le tiroir est au milieu, et les deux lumières sont fermées. Si l'excentrique dépasse ce point, c'est-à-dire s'il remonte, le tiroir ouvre la lumière à droite et la manivelle est au point R²; la contre-vapeur afflue vers le piston

quand il n'a pas encore terminé sa course; il doit être poussé par son inertie et vaincre en plus la force de la contre-vapeur, au lieu de pousser la locomotive pour la faire avancer.

Avec le recouvrement, la lumière est déjà un peu ouverte, si le recouvrement n'est pas plus grand que l'avance linéaire. Quand le pis-



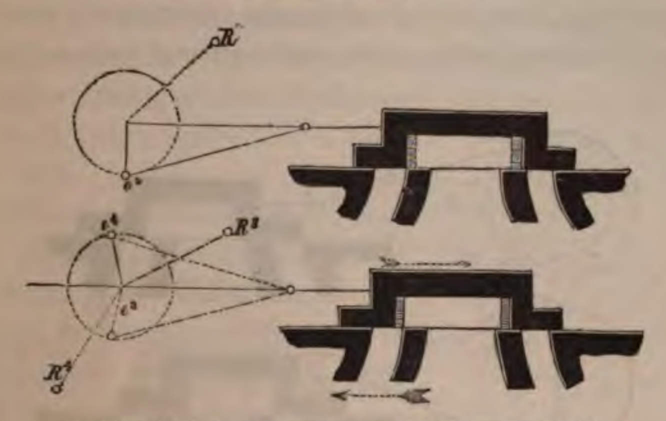
Tiroir avec recouvrement extérieur (pointillé).

ton commence sa course, le tiroir avance vers la droite et découvre la lumière, dès que l'excentrique est au point mort. Le tiroir en retournant doit se déplacer vers la gauche de la largeur du recouvrement extérieur, afin qu'il ouvre entièrement la lumière d'avant. La course du tiroir doit être égale à la double largeur de la lumière xs plus le double recouvrement extérieur. Au retour du tiroir, l'excentrique se déplace du point e au point e', la manivelle est au point $R' = 90° + W$, et la détente commence.

Par le recouvrement extérieur, on peut régler l'admission ainsi que e commencement de la détente, dès que l'avance angulaire et l'excentricité restent invariables. La détente cesse si le tiroir avance vers la gauche; la lumière d'admission reste fermée jusqu'à la position moyenne du tiroir; s'il avance encore jusqu'à découvrir entièrement la lumière d'admission, il ouvre en même temps la lumière d'échappement et la vapeur s'en va. La position moyenne du tiroir correspond à la position de l'excentrique en e^2, la manivelle étant au point R^2. Le piston n'a pas encore fourni sa course et la détente n'est pas utilisée en entier.

Pour un tiroir avec recouvrement extérieur, la détente a lieu jus-

qu'à la position moyenne du tiroir, la manivelle se trouvant devant le point mort à la distance de l'avance angulaire.



Position du tiroir avec recouvrement intérieur (pointillé).

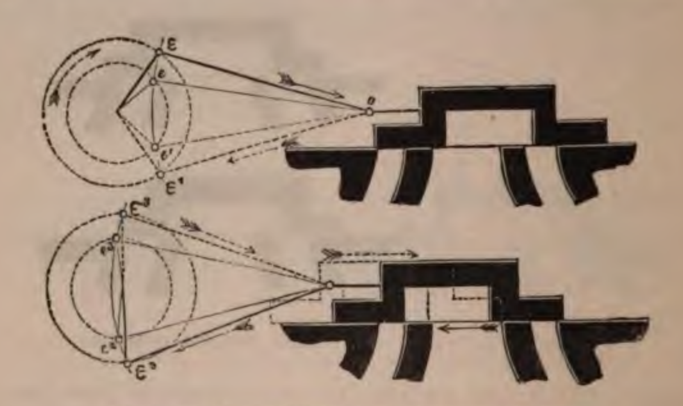
Donnons actuellement au tiroir un recouvrement intérieur (lignes pointillées); la lumière d'admission reste fermée d'autant plus longtemps que le recouvrement est plus considérable, ce qui résulte de l'inspection du dessin. L'excentrique est au point c^3, et la manivelle au point R^3, plus rapprochée du point mort que précédemment. Dans cette position du tiroir, la détente cesse. Si le tiroir avance de la gauche vers la droite, l'excentrique dépasse le point mort et se trouve en c^4, et la manivelle en R^4. Dans ce moment, une petite quantité de vapeur reste complètement inerte et emprisonnée entre le couvercle du cylindre et le piston, et y est comprimée.



Tiroir à ecouvrements égaux.

Avec les recouvrements extérieurs et intérieurs *a* et *i*, la vapeur est admise d'un côté au même moment où elle s'échappe de l'autre côté. Mais comme il est préférable que la vapeur s'échappe avant l'admission, pour décharger le piston, on fait le recouvrement intérieur plus petit que le recouvrement extérieur. Plus le recouvrement intérieur est grand, plus grandes sont aussi la détente et la compression.

Jusqu'à présent nous avons considéré l'influence des recouvrements de différentes grandeurs sur la distribution, à égalité d'avance et d'excentricité. Nous allons maintenant admettre diverses excentricités, — l'avance linéaire et les recouvrements restant fixes.



Tiroirs avec avance linéaire et recouvrements fixes.

Si la manivelle tourne de gauche à droite, l'admission de la vapeur a lieu à gauche et le tiroir va à droite. On trouve la position des excentriques si on décrit du point *o*, extrémité de la tige du tiroir, un cercle dont le rayon est la barre d'excentrique.

Les cercles des excentriques sont coupés en E et *e;* si le tiroir recule, l'intersection a lieu en E' et *e'*. La détente n'a plus lieu si le tiroir ouvre la lumière d'échappement, et si la position des excentriques est aux points E^2 et e^2. La compression a lieu à E^3 et e^3. Donc, si l'avance et les recouvrements restent invariables, et si l'excentricité augmente, l'admission a lieu plus tôt, et la compression diminue. Si d'un autre côté l'avance angulaire augmente, la durée des quatre périodes ne change pas ; nous les connaissons; ce sont : l'admission, la détente, l'échappement et la compression.

Double excentrique. — Dans le principe, les locomotives n'avaient pour chaque tiroir qu'un seul excentrique, libre sur l'essieu, et devant être tourné à chaque changement de marche ; la manœuvre en

était difficile ; il s'usait vite et ne servait plus guère pour la distribution. Il y avait donc là une grande lacune à combler.

Hawthorne, ingénieur mécanicien à Newcastle, a eu l'idée, en 1837, d'employer deux excentriques fixes : l'un pour la marche en avant, l'autre pour la marche en arrière.



Figure de démonstration du principe du changement de marche.

Pour faire servir la distribution précédente au changement de marche, il faut placer l'excentrique *e* en *e'*. Il a alors, pour la marche en arrière et pour la rotation de la manivelle de droite à gauche, la même position à l'égard de la manivelle R que pour la marche en avant de l'excentrique *e*; il est en avance de la manivelle de 90°+W.

Comme dans la marche en avant, la manivelle de droite dépasse celle de gauche d'un angle droit ; les excentriques se placent tels que la figure l'indique.



Excentriques calés séparément.
1/16 de grandeur naturelle.



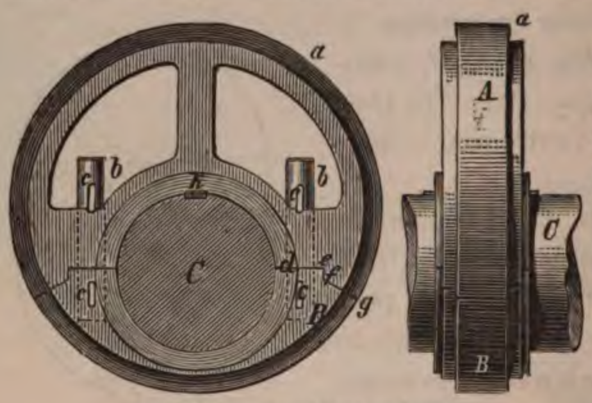
Position des excentriques fixes.

R, L, manivelles de droite et de gauche ; R^v, L^v, excentriques en avant droit et gauche ; R^r, L^r, excentriques en arrière droit et gauche.

Les deux excentriques d'un tiroir ont chacun une barre d'excentrique qui doit saisir alternativement les tiges des tiroirs.

Les deux excentriques appartenant à une coulisse sont calés séparément sur l'essieu moteur ; si la distribution est intérieure, ils sont

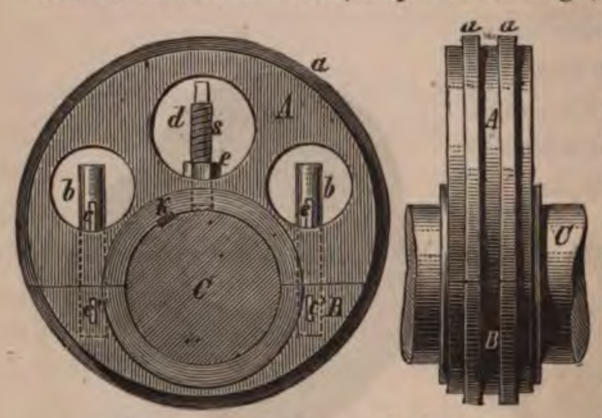
en deux parties, attendu qu'à cause des roues on ne peut pas les faire glisser sur l'essieu, pour les y caler solidement.



Détails d'un excentrique en fonte.
1/8 de grandeur naturelle.

Dans le modèle ci-contre, l'excentrique en fonte avec son rebord *a* est calé par la clavette K sur l'essieu C. Les deux parties A et B sont serrées par les boulons *b* et leurs clavettes *c*. Le joint *defg* ne doit pas avoir des angles aigus.

Dans le modèle de l'excentrique en fer forgé, la jonction des deux parties A et B est semblable à la précédente ; elle a lieu par les boulons *b* et les clavettes *cc'*. L'attache de l'excentrique avec l'essieu C est obtenue au moyen de la tige filetée *d*, dont la vis *s* est serrée par l'écrou de réglage *e*. — Ce mode d'attache, malgré son apparence solide, ne dispense pas de l'emploi de la clavette K.

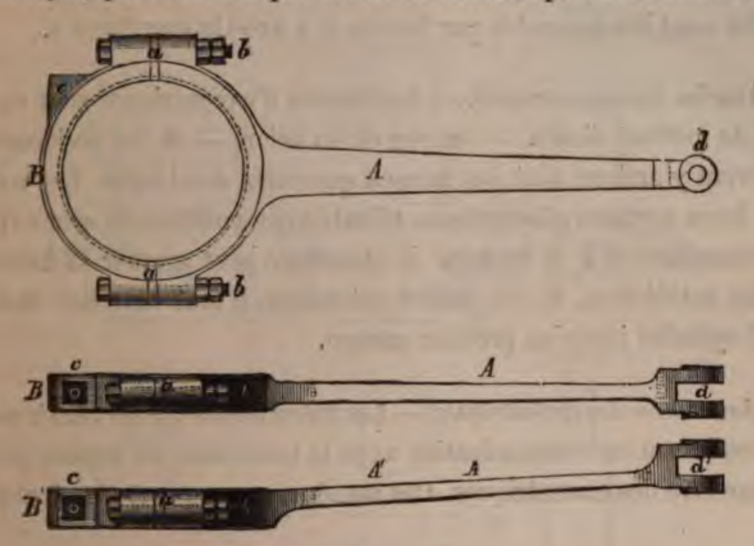


Modèle d'un excentrique en fer forgé.
1/8 de grandeur naturelle.

Barres d'excentriques. — Le mouvement de la coulisse est déterminé par les barres d'excentriques qui embrassent par leur collier les excentriques. (Voir les figures à la page 133.)

Les barres d'excentriques figurées en plan appartiennent à l'excentrique d'avant et à celui d'arrière du même côté de la locomo-

tive. Elles ne peuvent pas être égales. La barre d'arrière n'est pas symétrique, par la raison que les deux excentriques sont calés l'un à

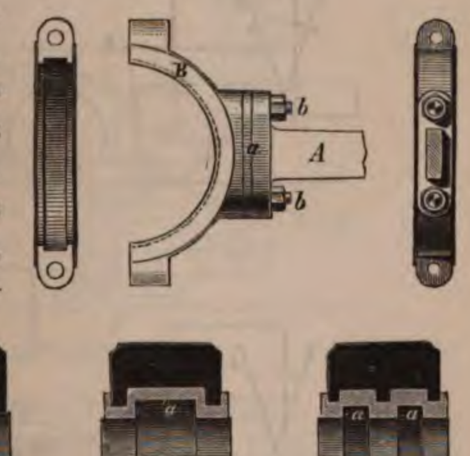


Barre d'excentrique avec collier.
1/16 de grandeur naturelle.

A, barre d'excentrique; B, collier; d, d', fourches; b, boulons de serrage; c, godets à huile a, garnitures.

côté de l'autre sur l'essieu, pendant que les fourchettes d, d' embrassent la coulisse de la même façon et se trouvent verticalement l'une sur l'autre.

Pour empêcher les colliers de glisser sur l'excentrique, on donne à celui-ci deux rainures où se logent les rebords du collier. Les rainures ne permettent pas de construire le collier d'une seule pièce, attendu

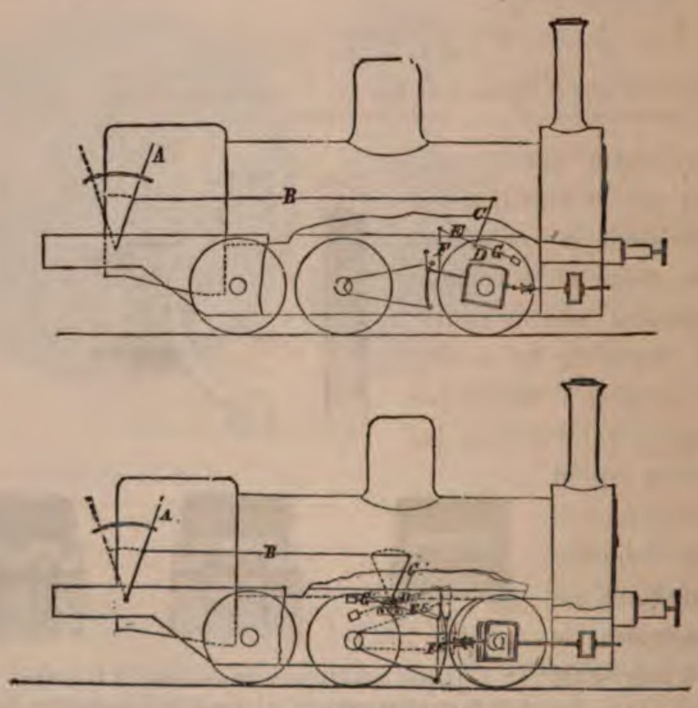


Liaison entre la barre d'excentrique et le collier.
1/16 de grandeur naturelle et 1/8 pour les trois dernières figures.

qu'on ne pourrait pas le placer sur l'excentrique. Il faut donc le divis
Les figures à la page précédente indiquent que la barre et le der
collier sont liés ensemble par les vis *b*, *b* avec la garniture *a*.

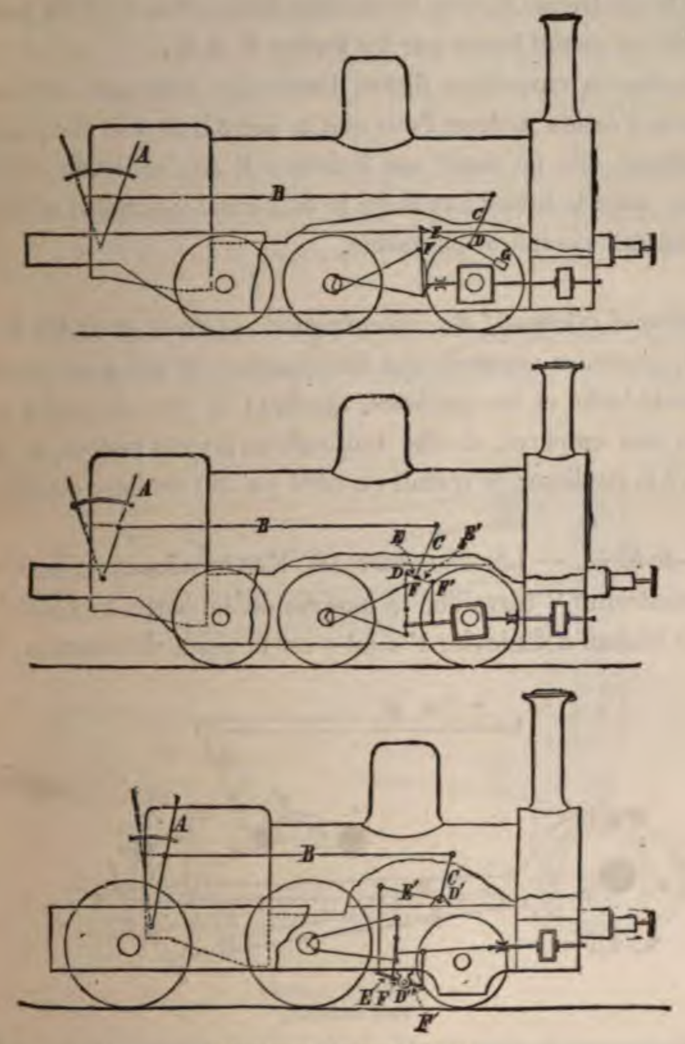
Avaries des excentriques. — Les barres d'excentriques sont en r
lité de petites bielles, — en fer ou en acier, — et les accidents
peuvent y arriver sont les mêmes que ceux des bielles. Les colli
ont leurs surfaces glissantes en métal de composition; ils sont expo
au chauffage et à la rupture; le chauffage peut amener la fusion
métal antifriction. Si un collier est rompu, il faut marcher avec
seul cylindre jusqu'au premier garage.

Manœuvres des excentriques. — Les mécanismes qui servent à met
le coulisseau en communication avec le tiroir sont les mêmes pour
manœuvre des excentriques. Ces manœuvres peuvent être indiqu



Manœuvres des excentriques.

les cinq dessins ci-contre. Par le déplacement de la manette A du ier de l'appareil de changement de marche, la barre B est mise en uvement et avec elle le levier E et son contrepoids G fixés sur



Manœuvres des excentriques.

rbre de relevage ; celui-ci se meut dans une direction dépendante la position de la barre B, suivant qu'elle est poussée en avant ou ée en arrière, par suite de la manœuvre du changement de marche.

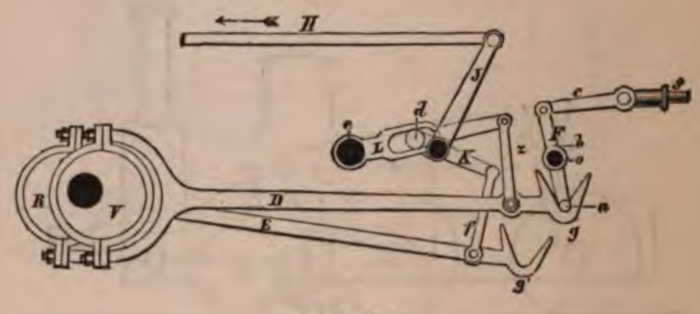
Dans les trois premières figures, la coulisse Stephenson est soulevée ou abaissée au moyen du levier E et la tige de suspension F par l'arbre de relevage.

Dans la quatrième figure, la coulisse Allan et la tige du tiroir sont déplacées en même temps par les leviers E et E'.

Enfin dans la cinquième figure l'arbre de relevage se trouve au-dessous de l'essieu moteur. Pour que la barre B ne soit pas placée trop obliquement, elle ne saisit pas le levier E de l'arbre de relevage D en bas), mais le levier auxiliaire E' de l'arbre auxiliaire D' (en haut), ce qui est une complication inutile.

Mouvement alternatif des excentriques. — Pour produire ce mou-vement, plusieurs appareils ont été imaginés et qui sont : la fourche ou pied-de-biche et les coulisses. Quoique le pied-de-biche ne soit presque plus employé, il offre toujours un intérêt historique, car il conduit à la coulisse ; ce n'était en effet qu'une coulisse compliquée.

Pied-de-biche. — Les deux barres D, E se terminent en fourche g Si l'excentrique V travaille, la fourche de la barre d'excentrique saisit le bouton *a* du levier F dont *o* est le point de rotation. Si l'e



Pied-de-biche.

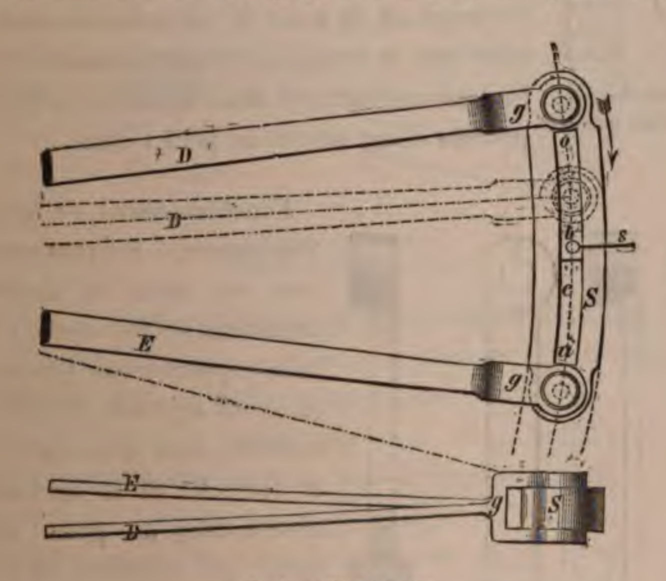
V, excentrique en avant; D, sa barre; R, excentrique d'arrière; E, sa barre.

centrique V tourne, le bras de levier *b* tourne aussi autour de *o* e avec le coude *c* donne le mouvement de va-et-vient à la tige *s* d tiroir et produit ainsi la distribution de la vapeur.

Maintenant, si l'excentrique d'arrière R doit travailler, le mécanicien tire vers lui la barre H, le levier J suit ce mouvement, le levier K s'élève, et soulève moyennant la tige *f* la barre E, qui saisit avec la fourche *g'* le bouton *a*. Le levier coudé JK se prolonge en *d* et glisse dans la rainure du levier L qui tourne en *e*; *d* pousse vers le bas le levier L et la barre D par la tige Z et met l'excentrique V hors d'action.

Au moyen de cet appareil, le changement de marche était obtenu, mais il manquait encore la détente; Robert Stephenson, fils de George, l'a réalisée par la coulisse et le recouvrement.

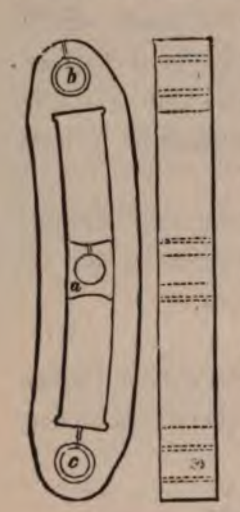
Construction de la coulisse Stephenson. — Les barres d'excentriques DE, se terminant en fourches *g*, *g*, embrassent, sans pouvoir la lâcher,



Coulisse Stephenson.

la pièce fendue S appelée : coulisse. Dans cette pièce se trouve la crosse de la tige du tiroir, ou tête de la tige du tiroir, ou guide de la tige du tiroir *s*, ou carrelet, ou enfin coulisseau *b*. Ce dernier terme est généralement usité aujourd'hui, du moins dans la plupart des chemins de fer français.

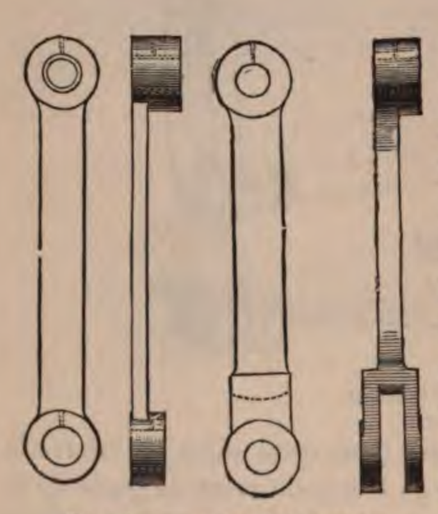
La coulisse est en acier ou en fer; *c* et *b* sont les ouvertures des boulons de la barre d'excentrique ; ils sont ou fixes dans la barre d'excentrique, ou fixes dans la coulisse. Si le boulon tourne dans la coulisse, le trou s'ovalise et doit être garni d'un mandrin en acier.


Coulisseau.
1/8 de grandeur naturelle

Le coulisseau *a* est en acier fondu ; il a un trou de graissage, vu que le boulon y tourne. Il ne faut jamais négliger d'y laisser tomber quelques gouttes d'huile au moment du départ.

Comme les coulisses et les barres d'excentriques sont trop lourdes pour être faciles à soulever, on les équilibre avec des contrepoids.

Les tiges de suspension de la coulisse sont en fer forgé ou en acier. Si les trous pour les boulons sont usés, on les garnit de bagues en acier. Comme les boulons tournent dans les tiges, celles-ci sont percées d'une ouverture pour l'huile.

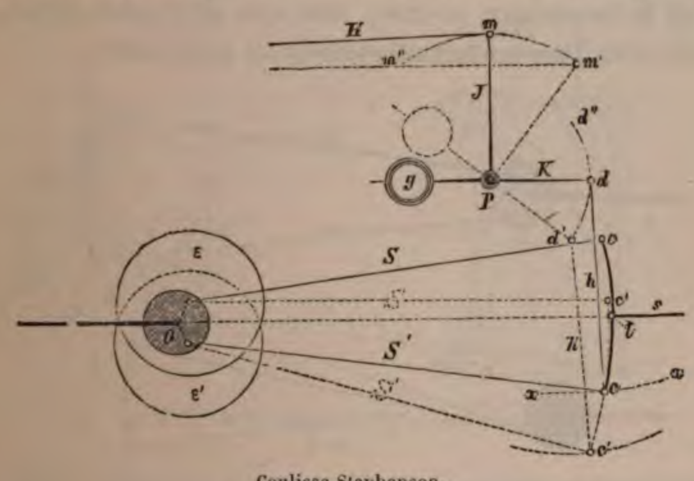

Tiges de suspension de la coulisse.
1/8 de grandeur naturelle.

Fonctionnement de la coulisse Stephenson. — Suivant que la coulisse est levée ou abaissée, le coulisseau se trouve en *o* ou en *u*. Dans le premier cas, l'excentrique en avant agit avec la barre D sur le tiroir ; dans le second cas, avec la barre E. Si le coulisseau se trouve dans un point intermédiaire, par exemple en *c*, la période d'admission est plus courte que la période d'expansion. Plus le coulisseau avance vers le milieu, plus la course du tiroir diminue et plus la détente augmente.

Dès que Stephenson eut trouvé, par une combinaison de leviers, le

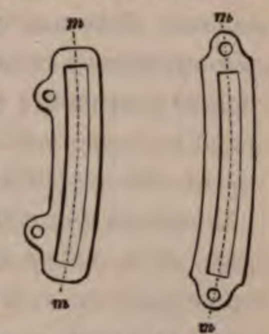
moyen de relier les divers points de la coulisse à la tige du tiroir, la détente variable a pu être établie. — Nous allons considérer maintenant la coulisse dans ses diverses positions, et les effets qu'elle y produit.

Sur l'essieu O sont calés les deux excentriques E et E′ avec leurs barres S et S′ et la tige du tiroir *s*. La coulisse est suspendue à la



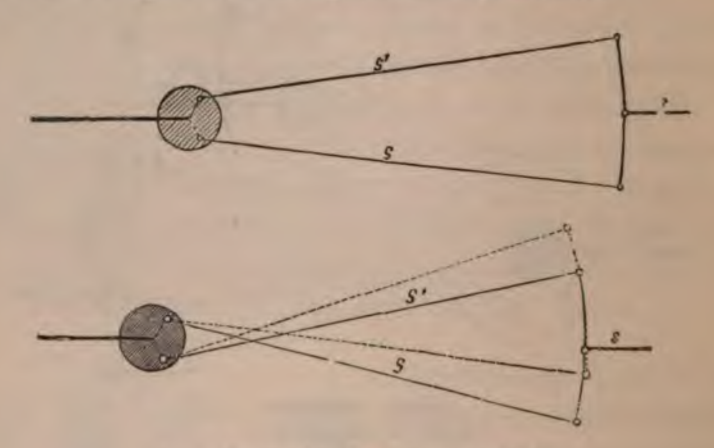
Coulisse Stephenson.
Dessin de démonstration.

tige *h* dont le point de rotation est *d*. Moyennant cette tige et le levier coudé JK tournant en P, le mécanicien peut avec la barre H soulever ou abaisser la coulisse. S'il pousse sa barre, *m* vient en *m′*, *d* en *d′*, *h* se déplace en *h′*, et la coulisse prend la position de *c′c′*. Les leviers J et K décrivent les arcs *m″ m m′* et *d″ d d′*. Le mécanicien peut arrêter le levier coudé JK et avec lui la coulisse. Si elle est montée ou descendue, elle saisit en divers points la tige du tiroir. Il faut alors que son rayon de courbure soit égal à la longueur de la barre d'excentrique, calculée jusqu'à la ligne *mm*. Si la coulisse est au milieu *t*, à son point mort, et qu'on l'abaisse, elle est conduite par la barre d'excentrique d'avant S, et la machine avance.



Courbure de la coulisse Stephenson.

Si maintenant la coulisse est soulevée, l'inverse a lieu ; c'est l'excentrique d'arrière qui agit, et la machine recule. Si le coulisseau est au milieu, la locomotive ne peut pas se mettre en mouvement, attendu que le tiroir ferme les deux lumières. Cela est correct au point de vue de la théorie, mais le mécanicien doit bien se garder de laisser le régulateur ouvert, car il peut y avoir des fuites dans la boîte à tiroir, et la locomotive pourrait bien s'en aller toute seule, si la manivelle n'était pas mathématiquement au point mort.

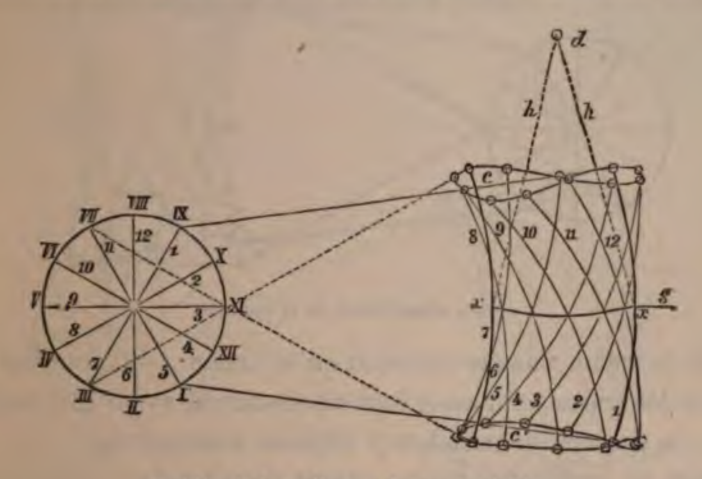


Barres d'excentriques ouvertes ou croisées.

Les barres d'excentriques peuvent saisir la coulisse de différentes manières. Si la manivelle est au point mort, les barres d'excentriques sont ouvertes ou croisées. Avec les barres ouvertes, il faut abaisser la coulisse pour mettre en action l'excentrique d'avant ; on la soulève quand les barres sont croisées. Dans les deux cas, la distribution de la vapeur offre ses particularités qu'on suivra sur le dessin suivant.

Admettons une coulisse avec barres ouvertes et avance angulaire égale, et la coulisse suspendue à la tige de suspension *h* au milieu, nous voyons que si la manivelle tourne de gauche à droite les excentricités prennent les positions de 1 à 12, puis de I à XII. Si nous cherchons pour toutes ces positions des excentricités les positions de la coulisse de 1 à 12, nous trouvons que le milieu oscille dans une partie du cercle dont le rayon *dx* est égal à la hauteur de la tige de sus-

pension h. Toute la coulisse participe à cette oscillation de manière qu'elle fait deux mouvements ascendants et descendants pour une rotation totale de l'essieu. Chaque point de la coulisse au-dessus et au-dessous au milieu décrit une courbe en lacet cc' pour les points ex-



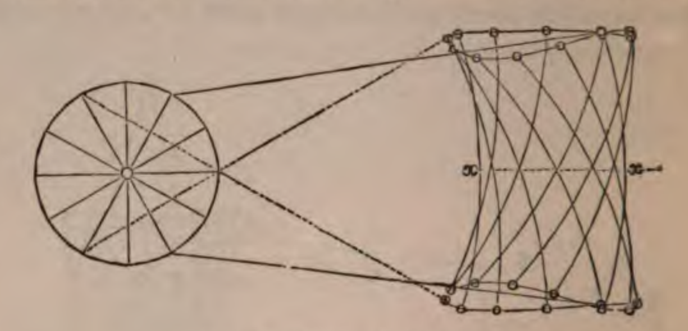
Position de la coulisse et des excentricités.

trêmes ; cette courbe est d'autant plus plate qu'elle se rapproche du milieu ; le point mort se meut en xx. Toute la coulisse prend un mouvement de va-et-vient, et la course du tiroir est d'autant moindre que ce dernier prend son mouvement sur un point plus rapproché du milieu de la coulisse. s est la tige du tiroir (figure ci-dessus).

Divers détails influent sur le mouvement de la coulisse, donc sur la marche du tiroir et sur la distribution ; ce sont : la longueur de la coulisse, sa courbe et sa suspension ; la longueur et le placement des barres d'excentrique ; la grandeur de l'excentricité ; enfin les grandeurs différentes des avances angulaires ou l'égalité de ces dernières. L'examen analytique de ces diverses relations a conduit à l'établissement de certaines règles admises aujourd'hui presque partout, et que nous allons énumérer.

Comme le mouvement vertical de la coulisse diminue avec la longueur de la tige de suspension, il faut faire celle-ci aussi longue que possible.

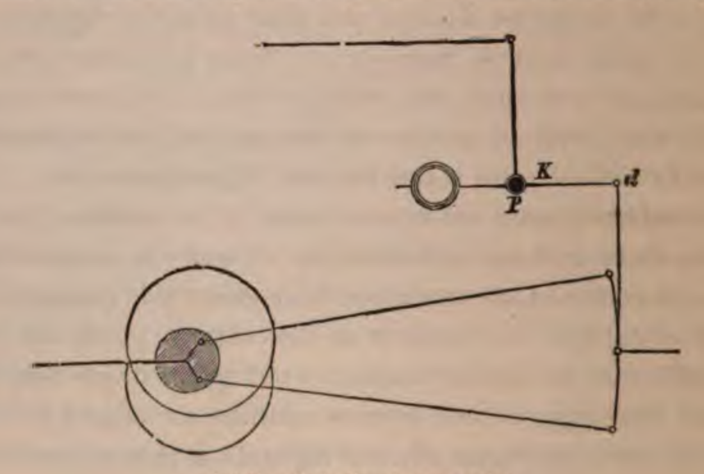
On peut admettre en pratique que la coulisse oscille dans une ligne droite xx, à la place de la courbe xx, de la figure précédente. — Les lacets sont égaux des deux côtés du point mort, la coulisse travaille



Ligne d'oscillation de la coulisse.

donc de la même manière en avant qu'en arrière. — Comme les lo-motives des gares vont aussi souvent cheminée avant que chemi-arrière, la suspension au milieu y est donc avantageuse.

La tige de suspension tourne autour du point fixe d pour cha-position de la coulisse ; par le déplacement de la coulisse, ce poin-

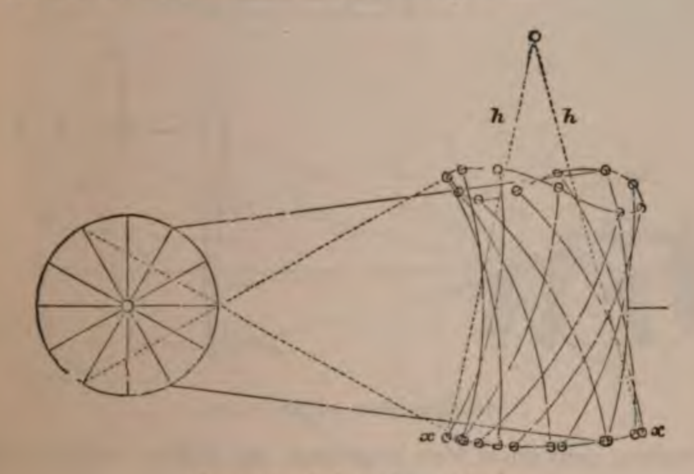


Rotation de la tige de suspension.

est conduit dans un arc de cercle par l'arbre de relevage et le bras K Afin que la coulisse oscille le moins possible, il faut, quand elle e-suspendue au milieu, que le bras de levier K soit aussi long que l-

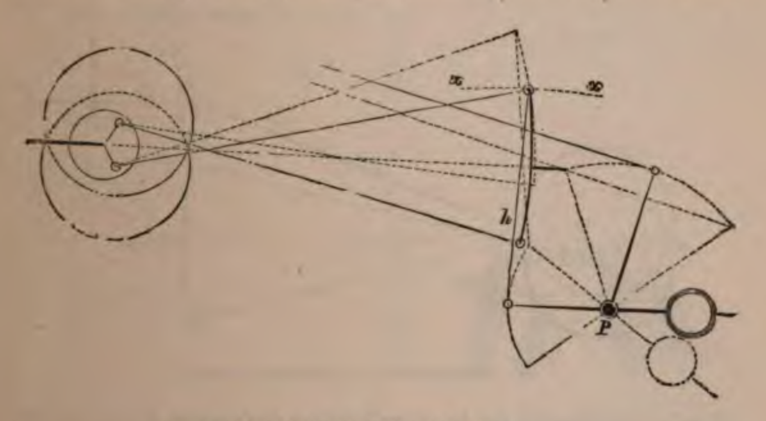
rre d'excentrique et le point de rotation P aussi élevé que le int d au-dessus de la tige du tiroir.

Si la coulisse est suspendue à hh en bas, son point inférieur se eut en xx et les points élevés décrivent la courbe en lacet; la cou-se travaille différemment dans les deux parties.



Suspension de la coulisse en bas.

Cette situation change si le point de rotation P est en dessous et si

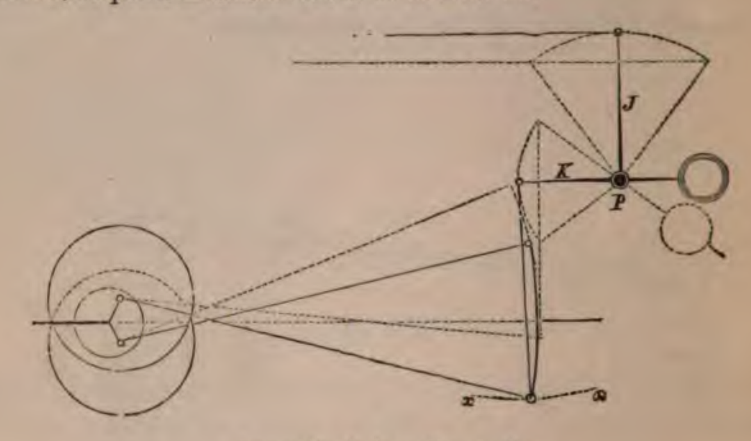


Suspension de la coulisse en haut.

coulisse est en haut de h. Le point de suspension se meut dans un surbaissé xx.

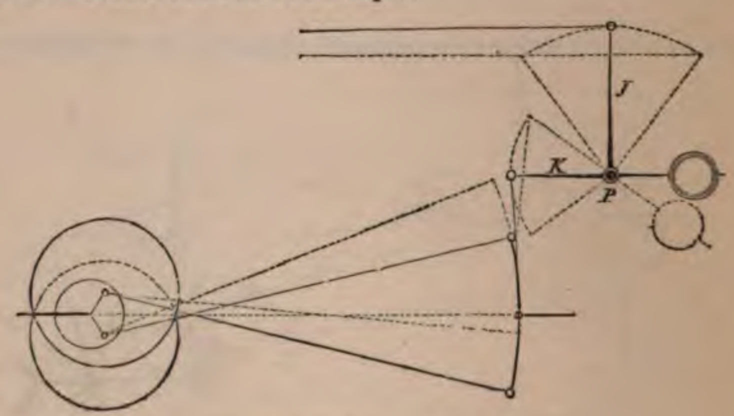
Pour les barres croisées, la coulisse décrit des courbes semblables comme pour les barres ouvertes.

Si le levier de changement de marche JPK se trouve en avant de coulisse, le point inférieur décrit la courbe *xx*.



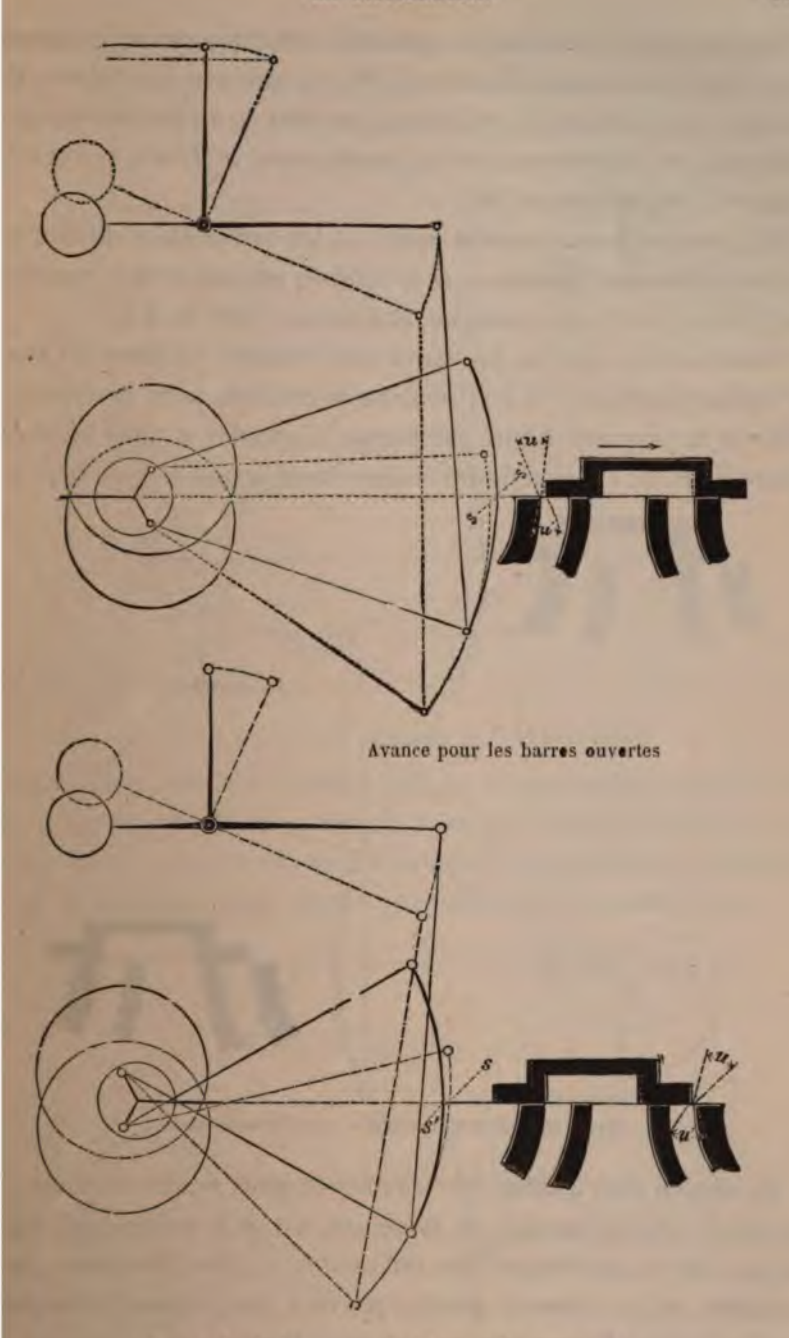
Suspension de la coulisse en bas.

La coulisse peut aussi être suspendue au milieu, comme la figure de démonstration ci-dessous l'indique.



Suspension de la coulisse au milieu.

Une particularité de la distribution Stephenson est qu'elle change l'avance dans les divers degrés de la détente ; pour les barres ouvertes, l'avance augmente dans les degrés supérieurs ; elle diminue pour les barres croisées. (Voir les figures à la page suivante 145.)



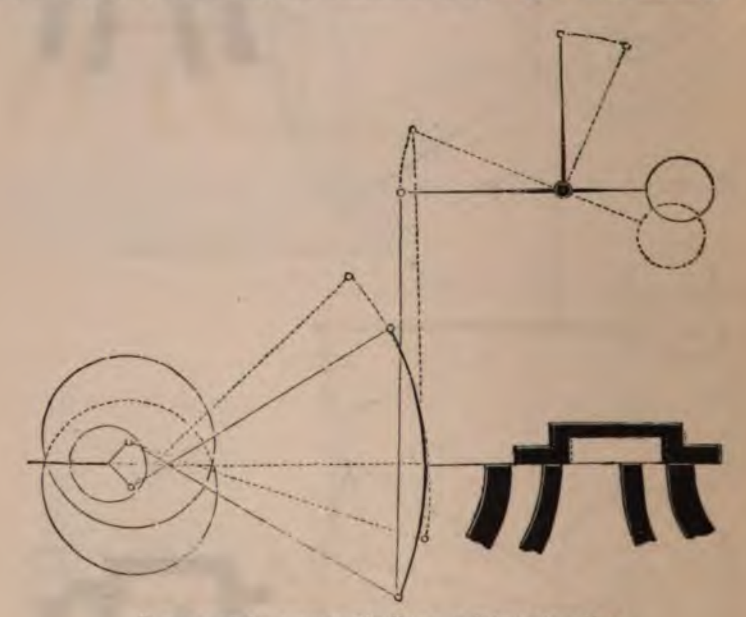
Avance pour les barres ouvertes

Avance du tiroir avec manivelle au point mort avant.

Pour les barres ouvertes, la manivelle est supposée au point mort, et le tiroir à l'avance linéaire u. Si l'on soulève la coulisse pour marcher avec détente, le coulisseau qui était en s s'avance vers s' ; le tiroir suit ce mouvement de la gauche vers la droite et ouvre l'avance u'. (Figures page 145.)

Si la manivelle est au point mort, — les barres étant ouvertes, — le tiroir a l'avance linéaire u ; si la coulisse est soulevée, le coulisseau va de s en s' de droite à gauche, et l'avance croît de u à u'.

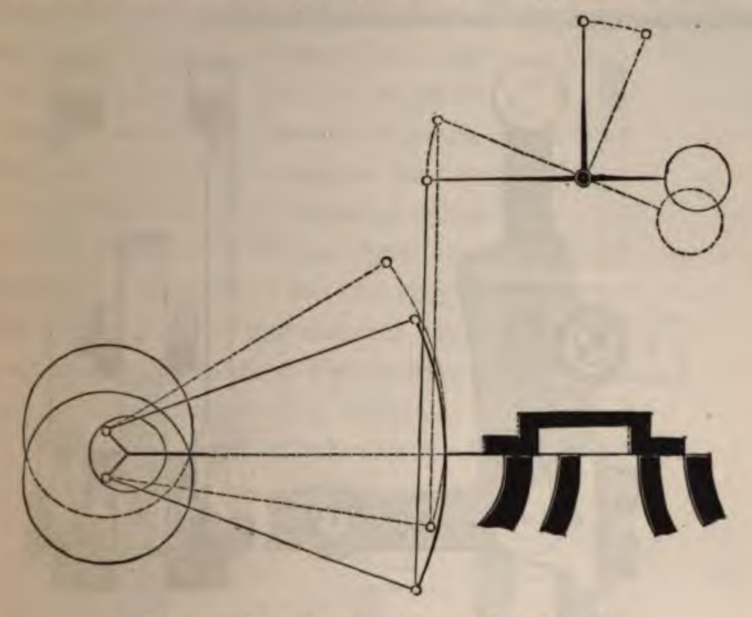
Dans les deux figures, les barres sont croisées. Le tiroir a l'avance en lignes ponctuées. Si l'on soulève la coulisse pour la détente, le tiroir de la première figure est poussé à gauche et dans la seconde figure à droite. (Voir la figure ci-dessous et la première de la p. 147.



Barres croisées avec manivelle au point mort arrière.

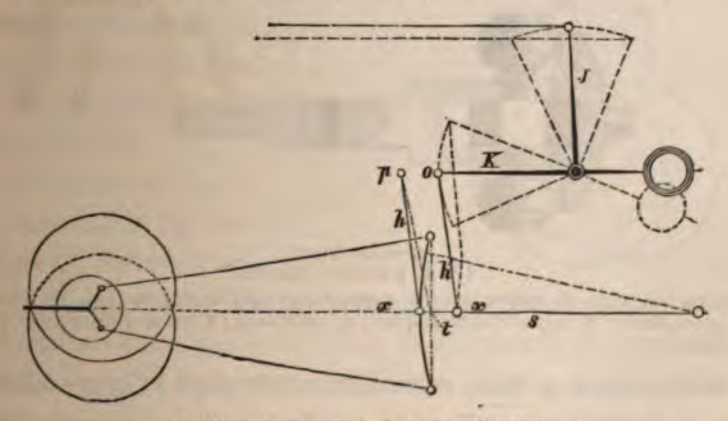
Au moyen d'un artifice très simple, on peut rendre l'avance assez constante pour la marche en avant ; on n'a qu'à donner aux excentriques des avances angulaires différentes. — Ces différences ont été calculées, et on a trouvé qu'elles peuvent être d'autant plus petites que les barres d'excentriques sont plus longues et la coulisse plus

courte. Mais ces calculs, basés sur une stricte théorie, ne peuvent guère être observés dans la pratique, car leur application offrirait de



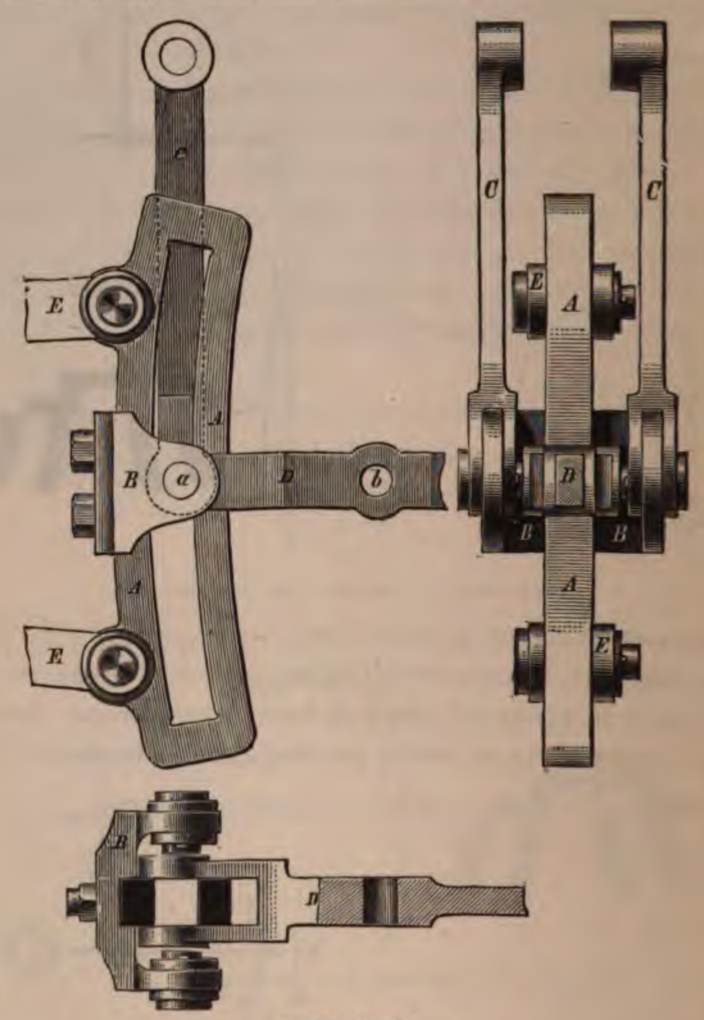
Barres croisées avec manivelle au point mort avant.

nombreuses difficultés. D'abord la tige de suspension est d'une longueur restreinte, et son extrémité n'est pas conduite dans un arc de cercle dont le rayon est égal à la barre d'excentrique. Ensuite la barre de relevage ne se trouve pas toujours à la hauteur voulue, et



Coulisse Gooch. (Voir la page suivante.)

souvent les barres d'excentriques ne sont pas assez longues. Ce sont là des inconvénients auxquels plusieurs constructeurs ont cherché à remédier par quelques nouvelles combinaisons.

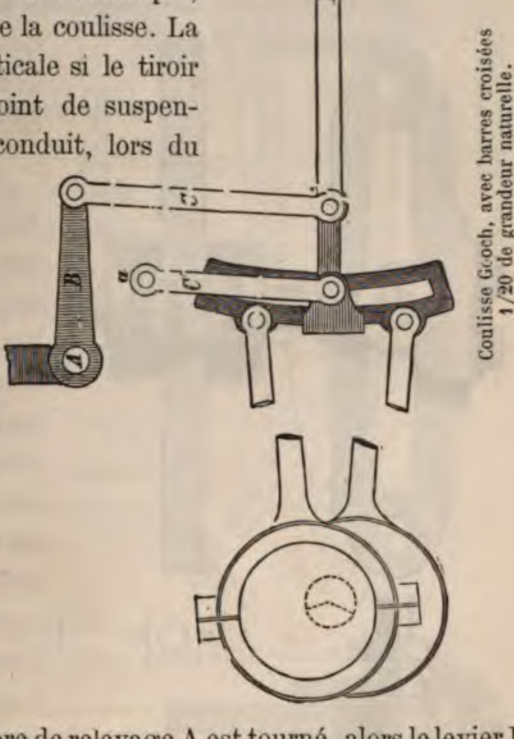


Coulisse Gooch.
1/8 de grandeur naturelle.

A, coulisse; CC, tiges de suspension; B, support des tiges de suspension; D, prolonge de la tige du tiroir; E, barres d'excentriques; *a*, coulisseau; *b*, point d'articulation de la tige du tiroir.

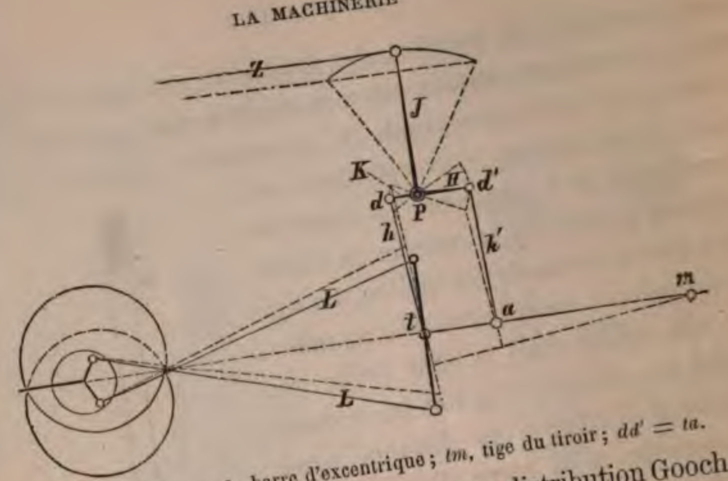
Coulisse Gooch. — Dans cette distribution (page 147), la coulisse présente sa face convexe à l'essieu, oscille à la tige de suspension *h* et

n'est ni soulevée ni abaissée. Le coulisseau est saisi par la tige du tiroir *s* et peut être déplacé dans la coulisse par la seconde tige de suspension *h'* et le levier coudé JK, de manière à mettre en action les points de la coulisse correspondant aux divers degrés de l'expansion. La moitié de la coulisse produit ici la marche en avant, l'autre moitié la marche en arrière. La tige de suspension *h* saisit la coulisse au milieu en *t*; elle oscille dans la ligne droite *xx*. Le point de rotation fixe *p* doit être éloigné du centre de l'arbre d'une distance égale à la longueur de la barre d'excentrique, moins la hauteur de l'arc de la coulisse. La tige de suspension est verticale si le tiroir passe par le milieu. Le point de suspension *o* de la tige *h'* est conduit, lors du déplacement de la distribution, dans un arc de cercle dont le rayon est égal à la longueur de la tige du tiroir. Pour que ce dernier puisse osciller uniformément à chaque degré de la détente, il faut que la courbure de la coulisse ait un rayon égal à la tige du tiroir.



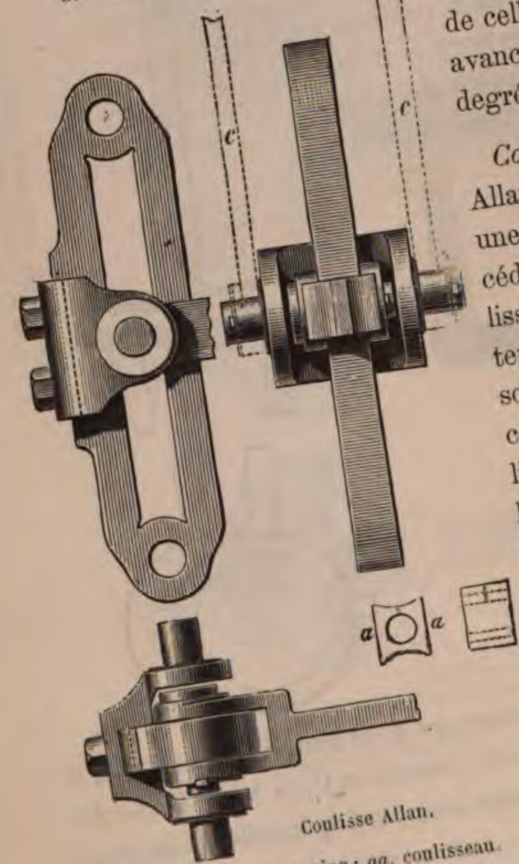
Coulisse Gooch, avec barres croisées 1/20 de grandeur naturelle.

La coulisse est tenue par une bielle de suspension C′ tournant autour du point fixe *a*. Si l'arbre de relevage A est tourné, alors le levier B met en mouvement, par les bielles de suspension C, la barre D et celle du coulisseau. (Voir la figure ci-dessus, ainsi que celle de la page précédente.)



Coulisse Allan. — L, barre d'excentrique ; *tm*, tige du tiroir ; *dd'* = *ta*.

La distribution Gooch diffère de celle de Stephenson par son avance constante pour tous les degrés de la détente.



Coulisse Allan.
cc, tiges de suspension ; *aa*, coulisseau.

Coulisse Allan. — La coulisse
Allan est droite ; elle form
une combinaison des deux pr
cédentes ; la coulisse et le co
lisseau se déplacent en mê
temps. Les avances angulai
sont égales, et les barres d'
centriques saisissent la
lisse comme ci-dessus. Le
lisseau est pris par la tig
tiroir suspendue en d'
tige de suspension. La
lisse est suspendue à la
Les deux tiges de susp
sont à leur tour attac
levier HK mobile au
l'arbre P de relevage. I
est relié à la barre Z.

d'après les dessins de la page précédente, que le coulisseau descend si la coulisse est soulevée et qu'il monte dans le mouvement inverse.

La distribution Allan travaille comme celle de Stephenson. Elle offre l'inconvénient, qu'on a remarqué dans la coulisse Gooch, d'exiger un grand espacement entre l'essieu moteur et la boîte du tiroir, du moment que les quatre barres d'excentriques ne doivent pas devenir trop petites.

La figure ci-contre montre la coulisse Allan avec barres croisées. Les doubles leviers BB′ calés sur l'arbre de relevage A mettent en mouvement la coulisse et la tige D par les bielles de suspension C et C′, en même temps, mais en sens opposé ; le coulisseau est mis en communication avec les divers points de la coulisse correspondant aux divers degrés de la détente.

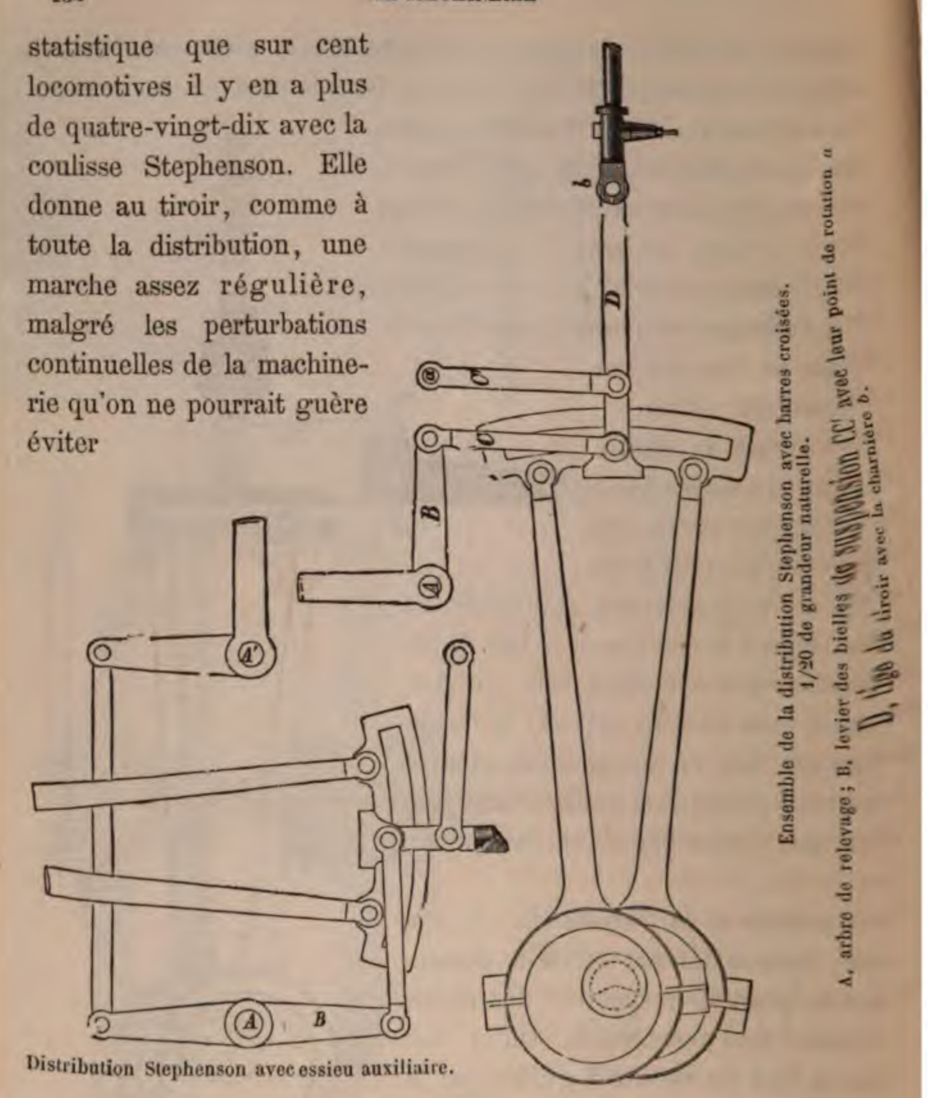
Distribution Allan avec barres croisées.
1/20 de grandeur naturelle.

Ensemble de la distribution. — Ces deux figures doivent servir à démontrer la position respective des divers détails d'une distribution. On y voit que la tige du tiroir est guidée par la bielle de suspension C′ qui tourne au point *a*. (Voir la fig. à droite à la p. 152.)

Dans la distribution Stephenson avec faux essieu, AB est le levier des bielles de suspension. (Voir la figure à gauche à la page suivante.)

En résumé, quoi qu'il en soit des avantages que les théoriciens trouvent dans les distributions Gooch et Allan, et des reproches qu'ils adressent à celle de Stephenson, il est facile de prouver par la

statistique que sur cent locomotives il y en a plus de quatre-vingt-dix avec la coulisse Stephenson. Elle donne au tiroir, comme à toute la distribution, une marche assez régulière, malgré les perturbations continuelles de la machinerie qu'on ne pourrait guère éviter



Distribution Stephenson avec essieu auxiliaire.

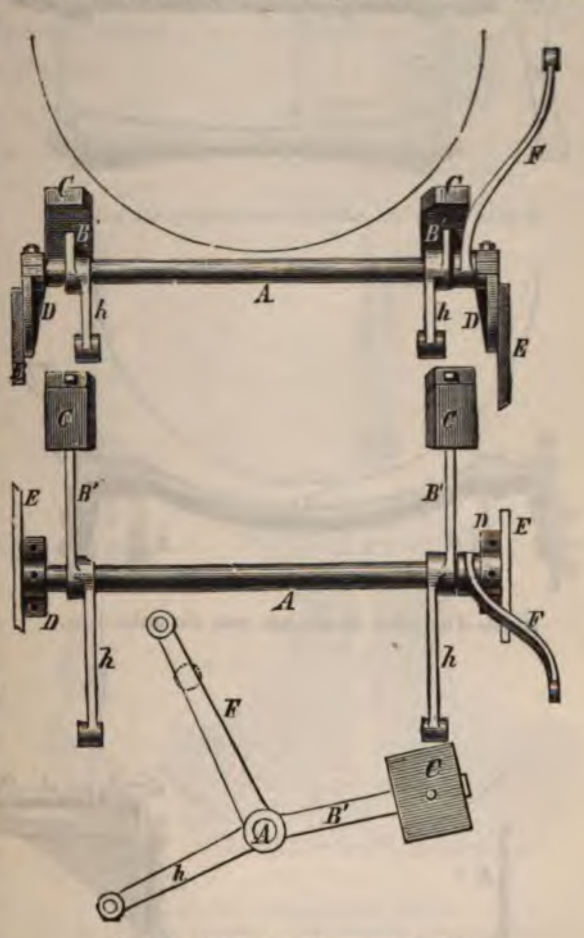
Ensemble de la distribution Stephenson avec barres croisées.
1/20 de grandeur naturelle.

A, arbre de relevage ; B, levier des bielles de suspension CC' avec leur point de rotation a
D, tige du tiroir avec la charnière b.

§ 4. — LES APPAREILS DE CHANGEMENT DE MARCHE.

Le déplacement de la distribution a lieu dans les anciennes machines au moyen du levier de changement de marche. Mais peu de mécaniciens, même les plus robustes, peuvent manœuvrer ce levier, dans les locomotives puissantes, sans fermer le régulateur ; car en

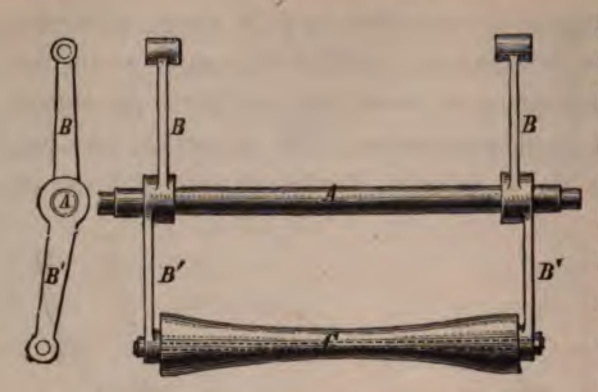
augmentant les dimensions des cylindres on a dû élargir les tiroirs, dont le mouvement est devenu trop difficile. On a donc eu recours à un autre mode d'avancer ou de reculer, et c'est la vis qui, aujourd'hui, paraît offrir la meilleure solution ; elle permet de travailler avec tous les degrés de la détente, tandis qu'avec le levier on était borné par les crans du secteur ; puis la manœuvre est plus facile, ce qui n'est pas à dédaigner pour la sécurité de l'exploitation. Cependant la marche avec la vis est plus lente. Aussi garde-t-on le levier pour les machines des gares, à cause du continuel mouvement de va-et-vient pendant la composition des convois. Le levier a été combiné dès lors avec la vis, pour utiliser les avantages que ces deux organes offrent séparément.



Arbre de relevage (Stephenson et Gooch).
1/20 de grandeur naturelle.

A, arbre ; h, leviers avec les contrepoids C et attachés aux tiges de suspension ; F, levier relié par une tige au levier de changement de marche à la portée du mécanicien.

Arbre de relevage. — Il sert à transmettre le changement de la distribution d'un côté de la machine à l'autre côté par une seule manœuvre du mécanicien. Le modèle ci-dessus s'applique à la coulisse Stephen-



Modèle d'arbre de relevage avec contrepoids unique.

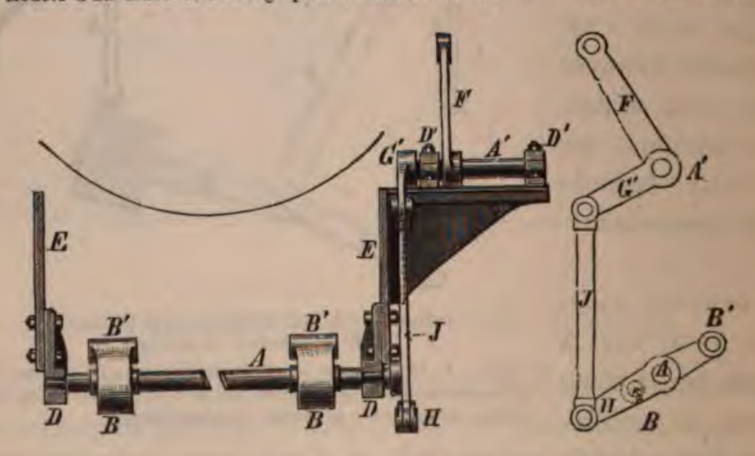


Modèle d'un arbre de relevage pour chaudière basse.

son et à la coulisse Gooch. Les leviers B, faits d'une seule pièce avec h, servent à recevoir les blocs en fonte C qui sont le contrepoids des coulisses et des barres d'excentriques. L'arbre de relevage tourne dans les coussinets D, fixés au cadre E.

Dans le modèle (figure en haut), le contrepoids C se trouve évasé, afin qu'il ne heurte pas la chaudière pendant le changement de marche.

Si la chaudière est



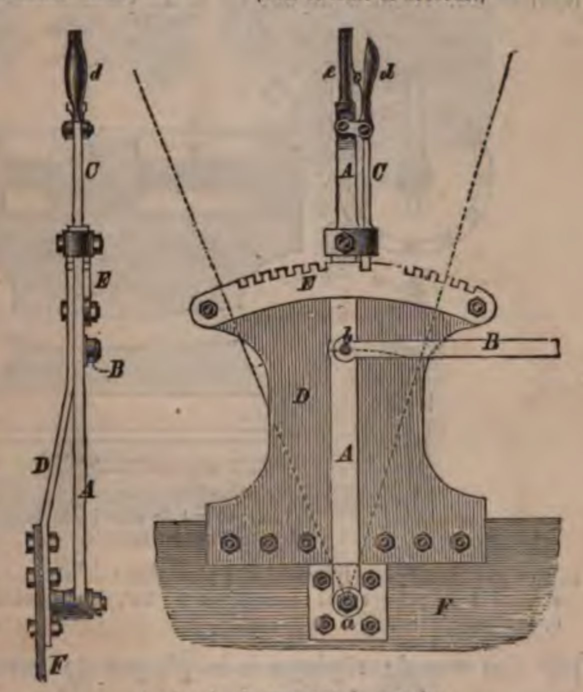
Arbre de relevage au-dessous de l'essieu. (Allan.)
E, châssis ; D, paliers.

placée très bas, l'arbre de relevage est courbé, ce qui n'offre aucun inconvénient, puisque la rotation de cet arbre est très faible. Les notations de ces deux dessins (p. 154) sont les mêmes que celles du dessin précédent (p. 153).



Leviers coudés de l'arbre de relevage.
1/10 de grandeur naturelle.
(Voir le texte ci-dessous.)

Dans la distribution Allan, les tiges de suspension deviendraient trop courtes si l'on voulait mettre l'arbre de relevage au-dessus de l'essieu. On a donc installé en bas l'arbre de relevage A, et en haut (à droite) un arbre auxiliaire A′ qui tourne dans les paliers D′D′ (page 154, fig. en bas). Le changement de marche a lieu ainsi qu'il suit : la bielle de l'arbre agit sur le levier F qui transmet le mouvement à l'arbre A′, et par les leviers G′ et H (à droite) à l'arbre de relevage A moyennant la bielle J. — Les leviers BB′ (voir fig. en haut), d'une seule pièce, sont représentés dans leurs détails ; ils servent à déplacer les coulisses et la tige des tiroirs au moyen de bielles de suspension.

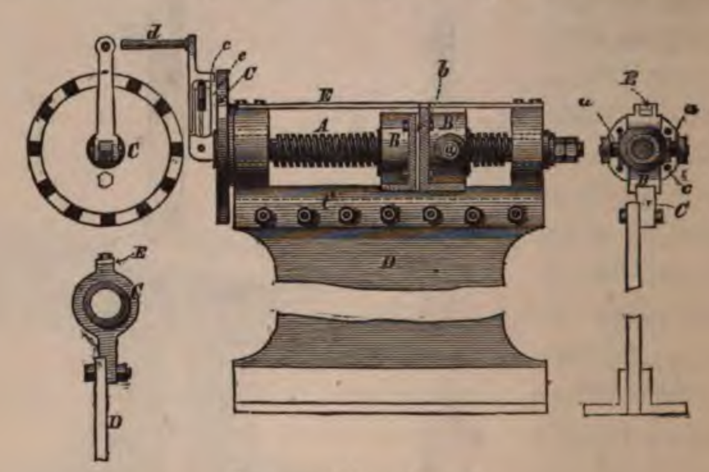


Levier de changement de marche.
1/20 de grandeur naturelle. (Voir le texte à la page suivante.)

A, levier de changement de marche ; *a* (en bas), tourillon, point de rotation du levier boulonné contre le châssis F ; D, support du secteur E ; *b*, point de rotation de la barre de relevage B ; *e*, poignet du levier contre lequel s'appuie le verrou C au moyen de la manette *d* que repousse le ressort *c*.

Manœuvre du changement de marche. — Au moyen du verrou C, le mécanicien fixe le levier de changement de marche dans un des crans du secteur; il soulève le verrou s'il saisit d'un seul coup de main les pièces *d* et *e* en comprimant le ressort *c*. Dans la position verticale du levier, le coulisseau est au point mort. (Voir figure page 155.)

Le changement de marche s'opère aussi par la rotation de la vis moyennant la manivelle *d*. Le cadran C est fixé au support et ne peut pas tourner avec la vis. Les extrémités de la pièce *c* sont reliées par le fer plat E qui guide l'écrou BB′, appelé quelquefois coulisseau. Il est composé de deux parties qui sont filetées et reliées



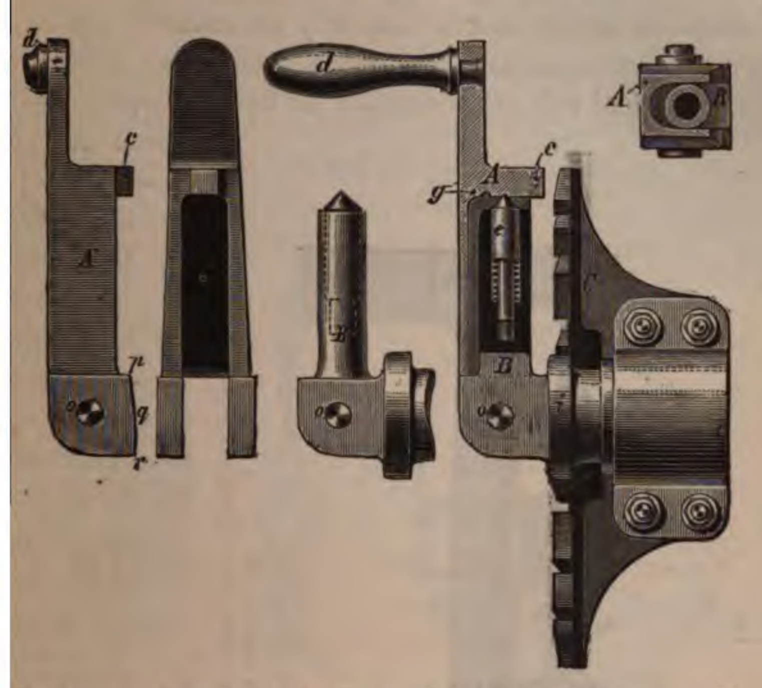
Changement de marche à vis.
Premier modèle.

D, chevalet ou support (1) attaché à la plate-forme du mécanicien avec deux fers à cornières et vissé à la pièce *c* qui reçoit la vis A; BB′, écrous guidés par la vis; *a*, tourillons; C, cadran.

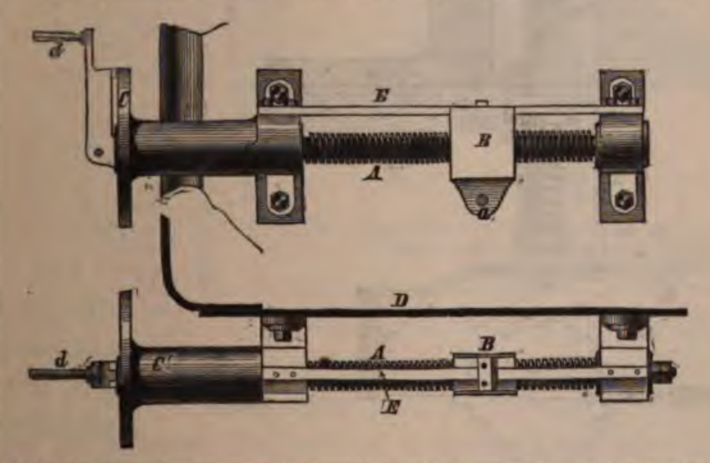
par des vis de réglage à la plaque de garniture *b*. La figure à droite représente le profil de l'écrou, avec les tourillons *aa* que saisit la bielle de l'arbre de relevage. (Voir le premier modèle.)

Pour manœuvrer cet appareil, le mécanicien tourne la manivelle *d*, et amène l'écrou B au point correspondant à la détente déterminée.

(1) Nous devons citer quelquefois des mécanismes et des dénominations qui ne sont pas d'un usage général dans nos ateliers, car ce livre est destiné également aux chemins de fer étrangers.



du changement de marche à vis, du premier et du deuxième modèle ci-contre et ci-dessous 1/5 de grandeur naturelle. (Voir le texte explicatif à la page suivante.)



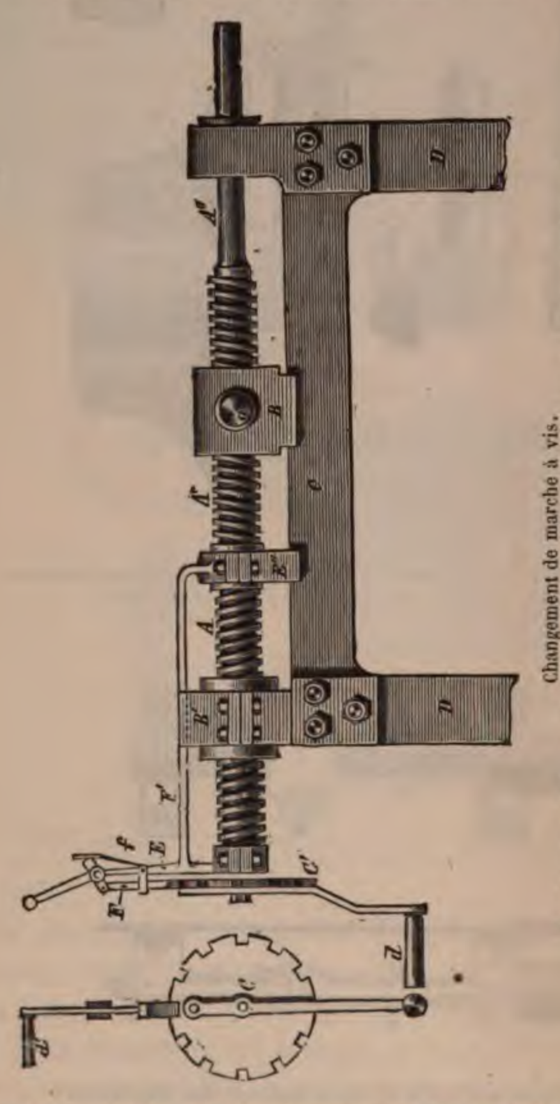
Vis de changement de marche boulonnée ou vissée contre le côté longitudinal de la boîte à feu D.

Deuxième modèle. — 1/16 de grandeur naturelle.

cord du cadran. (Voir en partie la légende à la page précédente et le texte explicatif à la page suivante en bas.)

Le verrou est poussé dans le cran et y est maintenu par les goupilles *e*. Nous examinerons maintenant les détails des ressorts (p. 157).

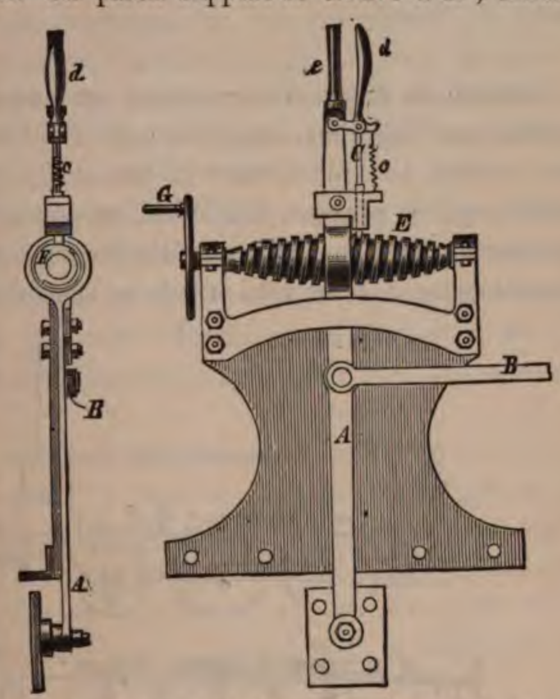
Ces détails font voir que le cadran C est fixé au support et qu'il ne tourne pas par le changement de marche. La pièce B fait corps avec la vis ; elle est saisie par la manette *d* du levier A, et reliée avec lui par le boulon *o*. Ce levier peut être poussé en avant jusqu'à ce qu'une dent passe dans le cran ; la goupille *e* qui est poussée en haut par le ressort entre dans la rainure *g*, et empêche le rebroussement du levier. Si la dent *c* se trouve dans son cran, la surface *pq* se place contre le rebord *i* de la vis ; la surface *qr* limite le mouvement du levier en arrière.



Changement de marche à vis.
Troisième modèle. — 1/10 de grandeur naturelle. (Voir le texte à la page suivante.)

Dans le deuxième modèle (voir page précédente), la vis de changement de marche est appliquée contre la boîte à feu. L'écrou B est ici d'une seule pièce. Le tourillon *a* pour l'attache de la bielle se trouve plus bas que dans le cas précédent.

Dans le troisième modèle (page 158), la vis *a* possède deux pas différents : en A, un pas droit, et en A', un pas gauche qui se termine en A''. L'écrou B reçoit à l'ouverture *a* la bielle de l'arbre de relevage. Le coussinet B' est taillé en écrou. Suivant le sens dans lequel la vis est tournée, elle fait avancer ou reculer l'écrou B guidé sur la pièce C. Le cadran fixé sur la vis est tourné avec elle par la manette *d*. Le support E du verrou embrasse la vis. Un pareil support se trouve à E'', faisant corps avec le fer plat E'. La rotation est empêchée par les rebords du coussinet B'. En avançant ou en reculant le levier *d'*, on sort le verrou F des crans, ou on l'y fait entrer ; le ressort *f*, en s'y appuyant, le maintient en place.



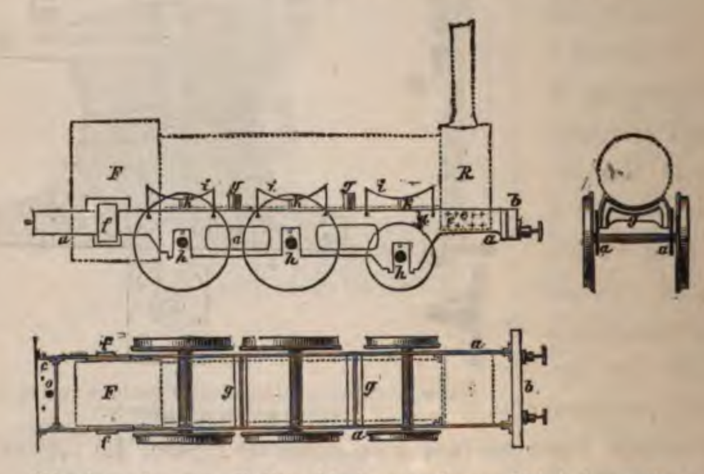
Levier de changement de marche combiné avec la vis.
1/20 de grandeur naturelle.

Dans le changement de marche à levier et à vis (ci-contre), la légende est la même qu'à la page 155. Le secteur est remplacé par un rouleau fileté ou fuseau en forme de cigare. Le verrou C est pressé dans le pas de vis par le ressort en spirale *c*. Le déplacement du levier peut donc s'opérer directement ou par la rotation de la vis au moyen du volant à manivelle G. — L'inconvénient de ce système combiné est apparent. Le verrou C ne peut correspondre qu'à une inclinaison déterminée, et ne s'appuyer que sur un point donné ; puis l'usure de ce mécanisme est considérable et les réparations en sont compliquées. (Voir la figure ci-dessus.)

CHAPITRE V

Le véhicule de la locomotive.

Quoique la locomotive constitue un ensemble dont toutes les parties sont solidaires, attachées solidement les unes aux autres et ne pouvant pas fonctionner si une seule d'entre elles, quelque minime qu'elle paraisse, fait défaut, on doit néanmoins la diviser en plusieurs parties pour pouvoir l'étudier dans sa construction et son fonctionnement. Nous voici arrivés au véhicule ou chariot.



Élévation, plan et profil d'un châssis, ou cadre, ou bâti de locomotive.

aa, longerons du cadre ; F, boîte à feu ; R, boîte à fumée ; *f*, attache du châssis avec la boîte à feu ; *hh*, plaques de garde ; *k*, *i*, ressorts ; *g*, supports de la chaudière ; *e*, *e*, vis d'attache du châssis à la boîte à fumée ; *c*, appareil de traction ; *o*, ouverture pour le boulon d'accouplement du tender.

Le véhicule comprend le châssis, les supports de la chaudière, les appareils de traction, les essieux et roues, les plaques de garde, les boîtes à graisse (pour mémoire), enfin les ressorts et balanciers.

§ 1. — LE CHASSIS, BATI OU CADRE DE LOCOMOTIVE.

C'est une espèce de brancard composé de longerons entretoisés par des traverses. Ces longerons sont en fer plat, plaques en tôle de $0^m,03$ d'épaisseur, en bois armé de tôle, rarement en tôle d'acier.

En Europe, il n'y a plus que des longerons en plaques de tôle ; on y a abandonné depuis longtemps les poutres carrées ou même rondes usitées en Amérique, où elles rendent de bons services, à cause de leur élasticité, sur les voies posées en général très sommairement. On sait que dans le nouveau monde on tient bien plus à la quantité qu'à la qualité des chemins de fer.

Des entretoises transversales sont placées entre le foyer et les cylindres ; elles servent à renforcer les longerons qui supportent le corps cylindrique de la chaudière et toutes les pièces de la machinerie. Il n'y a aucune règle générale à établir sur la disposition de ces entretoises transversales, laquelle dépend du type de machine adopté.

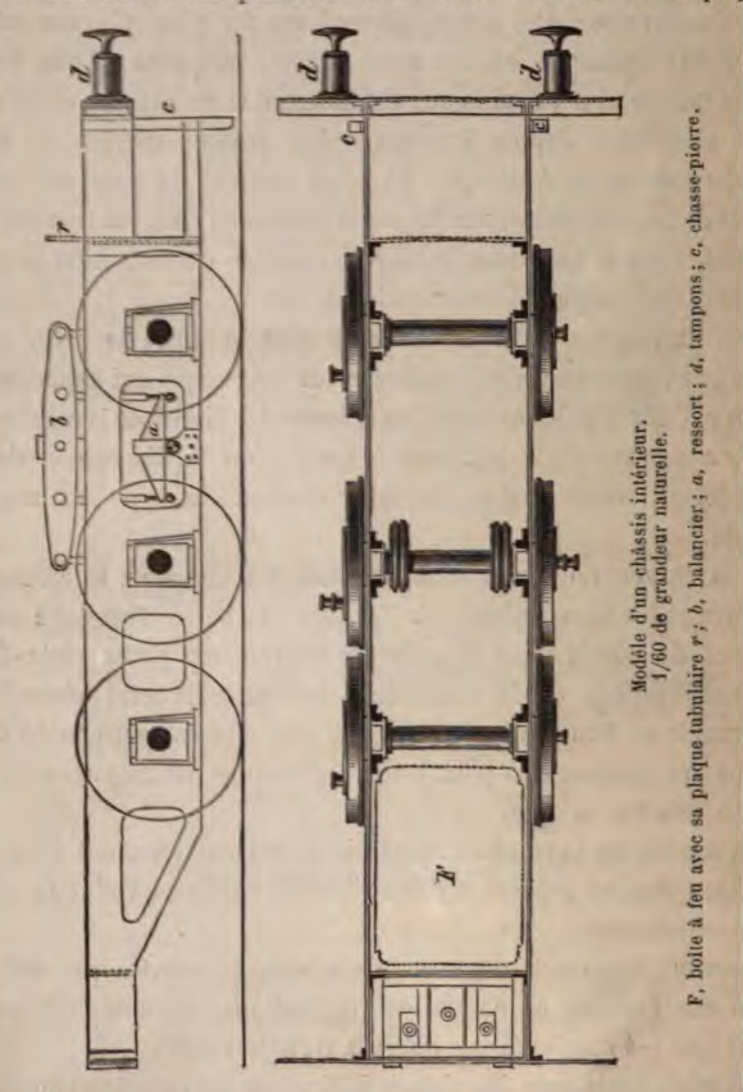
A la traverse d'avant sont attachés les tampons, le crochet de traction et les chasse-pierre ; à l'arrière, la barre d'attelage et les chaînes de sûreté. Sur le cadre se trouve une petite plate-forme tournant autour de la chaudière ; à l'arrière, cette plate-forme s'agrandit et forme celle du mécanicien ; elle est surmontée d'une rampe ou garde-corps pour que le personnel de la locomotive ne tombe pas sur la voie.

La solidité est la condition essentielle de l'établissement d'un châssis ; les cylindres intérieurs y contribuent, car ils servent eux-mêmes d'entretoisement.

Souvent des machines sont mises hors de service par suite de leurs continuelles et coûteuses réparations, et cela uniquement parce que le châssis n'a pas offert la rigidité voulue.

On peut distinguer les châssis intérieurs, les châssis extérieurs et les châssis doubles, dont chacun offre ses particularités que nous pouvons étudier sur les dessins suivants.

Châssis intérieur. — Dans ce modèle d'une machine à marchandis essieux d'avant ont un ressort commun de chaque côté, et ancier ; l'essieu d'arrière n'a qu'un ressort transversal qui est pla s la chaudière. La position de la boîte à feu et de la plaq

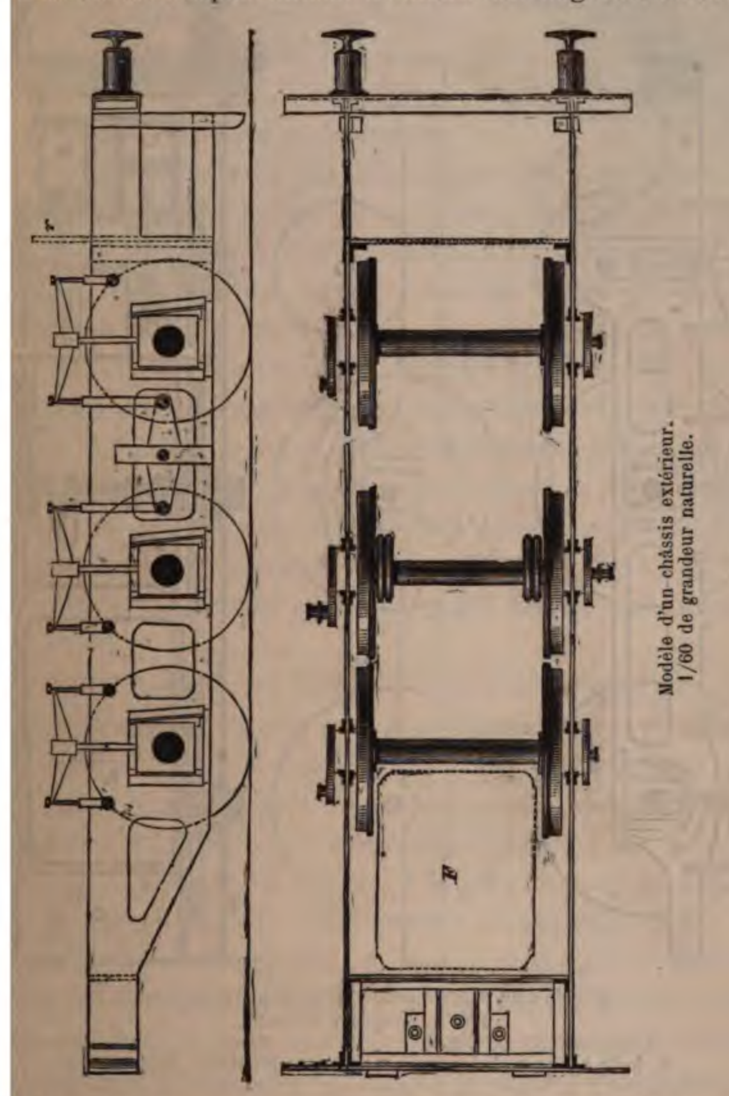


Modèle d'un châssis intérieur.
1/60 de grandeur naturelle.

F, boîte à feu avec sa plaque tubulaire *r* ; *b*, balancier ; *a*, ressort ; *d*, tampons ; *c*, chasse-pierre.

bulaire d'avant est indiquée par les lignes pointillées en éléva en plan. Les cylindres sont extérieurs.

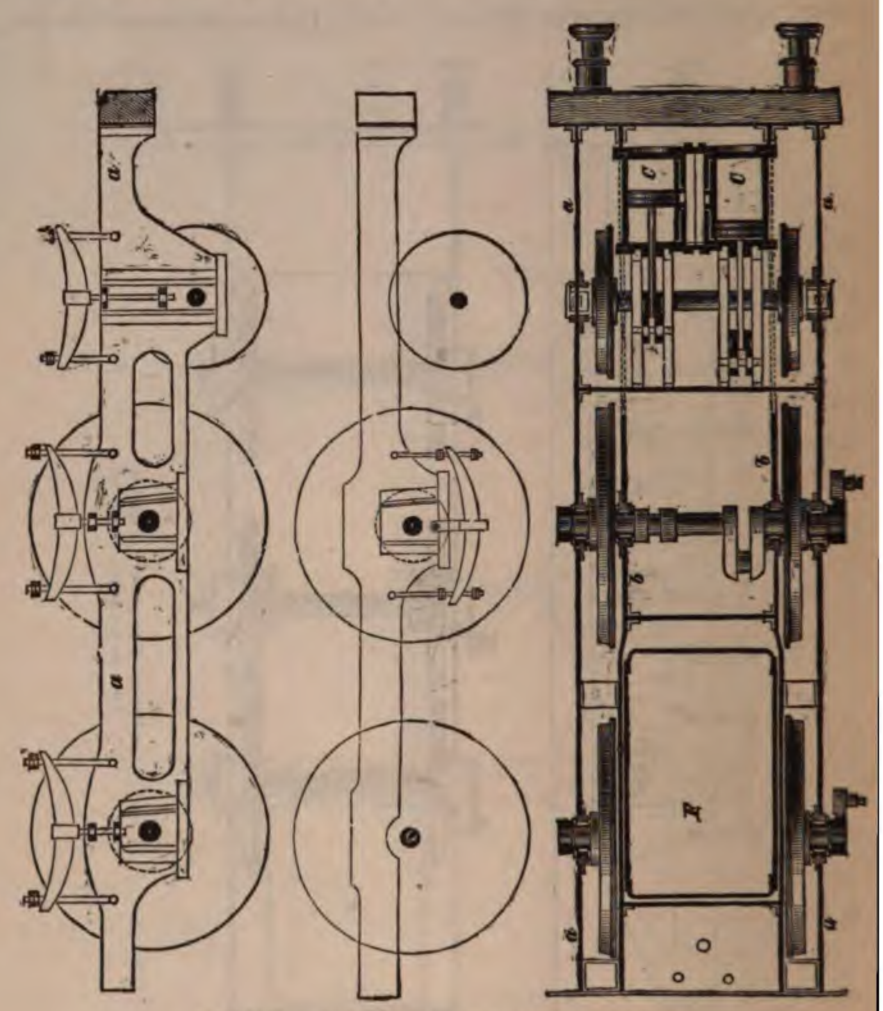
hâssis extérieur. — Il permet l'élargissement de la boîte à feu du ›le de l'épaisseur du longeron, donc de $0^m,06$; d'un autre côté, ylindres sont plus éloignés l'un de l'autre et l'attache du châssis la boîte à feu est plus difficile à établir. Les longerons extérieurs



Modèle d'un châssis extérieur.
1/60 de grandeur naturelle.

: l'emploi d'équerres ou corbeaux pour le soutien de la chau-
Ce type de châssis est avantageux pour les essieux coudés.

Châssis double. — Les roues se trouvent chacune entre deux longerons. Le dessin à gauche représente le cadre extérieur ; le dessin du milieu, le cadre intérieur.

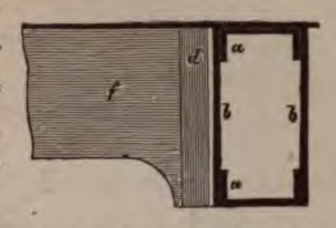


Modèle d'un châssis double avec cylindres intérieurs.
1/60 de grandeur naturelle.

F, boîte à feu ; *a*, *b*, longeron extérieur et intérieur ; CC, cylindres.

Le châssis double offre plus de sécurité en cas de rupture d'essieux ; il est très solide, mais aussi par contre il est très lourd.

Traverse d'avant. — Autrefois la traverse d'avant était en bois garnie de ferrures. Aujourd'hui elle est en fer. Une caisse *b*, *b*, renforcée par des cornières *a*, *a*, est reliée par une cornière *d* au longeron *f* aussi bien en haut qu'en bas.



Profil de la traverse d'avant.
1/20 de grandeur naturelle.

Chasse-pierre. — Chaque locomotive doit porter à la traverse d'avant deux chasse-pierre, et chaque locomotive-tender également deux chasse-pierre à l'arrière. Ces chasse-pierre sont en fer forgé et vissés au châssis à 7 centimètres au-dessus des rails ; ce qu'ils chassent, ce sont moins des pierres que des outils, des rails, des traverses que les poseurs négligents et mal surveillés par les chefs de section ont oubliés sur la voie. — Au fait, ces soi-disant chasse-pierre ne chassent rien, ils n'y font que déplacer. Sur un chemin de fer étranger, un poteau télégraphique, tombé à la suite d'un ouragan sur la ligne, fut poussé de côté par le chasse-pierre et collé contre les rails. Il y eut un effroyable déraillement qui ne serait pas arrivé avec le chasse-vache américain, grillage en fer en forme d'éperon ou de soc, destiné principalement à chasser les bestiaux.

Plate-forme et abri du mécanicien. — Le prolongement du châssis à l'arrière sert de plate-forme pour le mécanicien et son chauffeur ; il faut la renforcer dès qu'il s'agit de charger le dernier essieu. A cet effet, les deux longerons sont consolidés par une entretoise *b* bordée de cornières *c*, *c*. Au milieu se trouve un étrier *d* qui sert de guide à la languette *e'*, rivée par la plaque *e* à la boîte à feu. (Page 166.)

Il y a plus d'un quart de siècle que feu Le Chatelier et moi nous avons assez crié — je maintiens le mot — pour que l'on garantisse les mécaniciens contre les intempéries des saisons, contre la fumée et les flammèches. A cette époque reculée, ils portaient des lunettes en treillis de fer, comme celui des lampes de sûreté ; quelquefois ils se confectionnaient, avec de vieilles toiles, des espèces de paravents qu'ils perçaient de trous et qu'ils accrochaient à la machine ; ils les

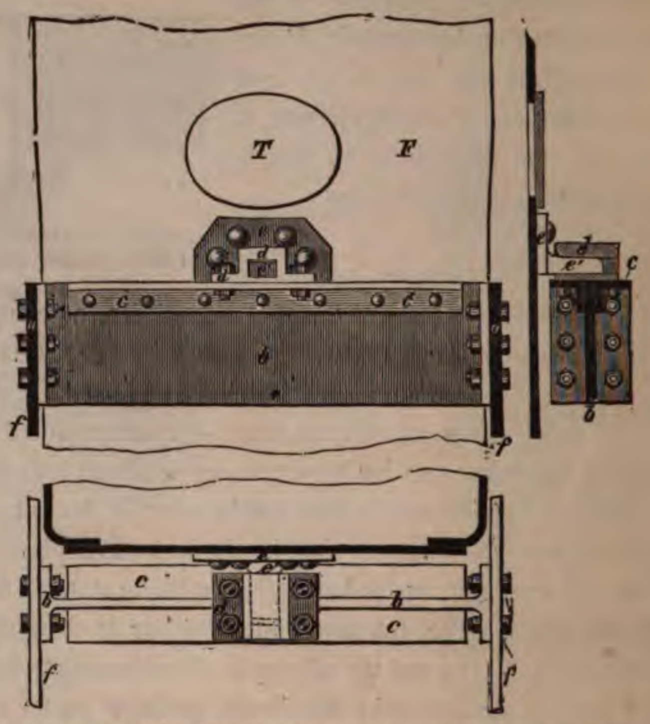


Plate-forme du mécanicien, renforcée par le support de la chaudière.
1/20 de grandeur naturelle.

F, boite à feu ; T, porte du foyer ; *f*, longerons ; *d*, étrier ; *b*, entretoise ; *e*, plaque de consolidation de l'étrier ; *e'*, languette ; *cc*, cornières.

enlevaient à l'entrée des gares, pour ne pas être surpris en contravention. On croyait que tout abri gênerait les mécaniciens dans leur vue et leurs mouvements. Ce préjugé a disparu dès qu'Auguste Perdonnet eut ordonné de placer des écrans avec fenêtres vitrées sur la boîte à feu. On a ensuite recourbé cet écran en forme de toit, comme garantie contre la pluie verticale, puis on y a ajouté deux parois latérales. Le dernier perfectionnement, c'est la confortable cabine américaine, où habite le personnel de la locomotive comme dans une maisonnette. Cette construction est fixée solidement sur la plate-forme par des colonnes en fer forgé.

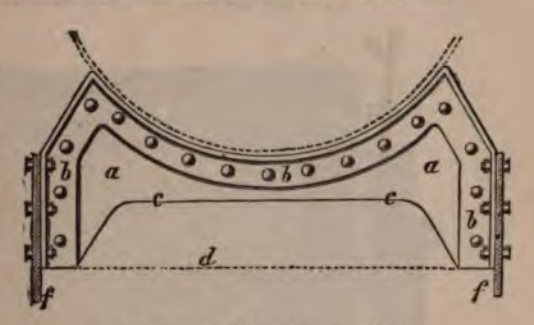
Les Compagnies reconnaissent enfin les avantages des abris et les ajoutent même aux vieilles machines.

§ 2. — LES SUPPORTS DE LA CHAUDIÈRE.

La chaudière s'allonge par la mise en feu; mais le châssis, qui reste froid, garde sa longueur primitive ; il en résulte que la chaudière ne peut être attachée fixement au châssis que d'un côté, et que les autres attaches doivent permettre un déplacement qui corresponde à la dilatation.

L'attache fixe, au moyen de vis, se trouve à la boîte à fumée ; ces vis servent aussi à l'attache des cylindres. Si la plaque tubulaire d'avant est prolongée en bas, on la relie encore avec le châssis au moyen de cornières. Ce sont ces diverses pièces de liaison qu'on appelle : supports de la chaudière, ou soutiens de la chaudière.

Ces supports sont placés en partie sur les côtés de la boîte à feu et en partie en dessous de la chaudière ; ils servent aussi à renforcer les longerons.



Supports en tôle et en cornières.
1/20 de grandeur naturelle.

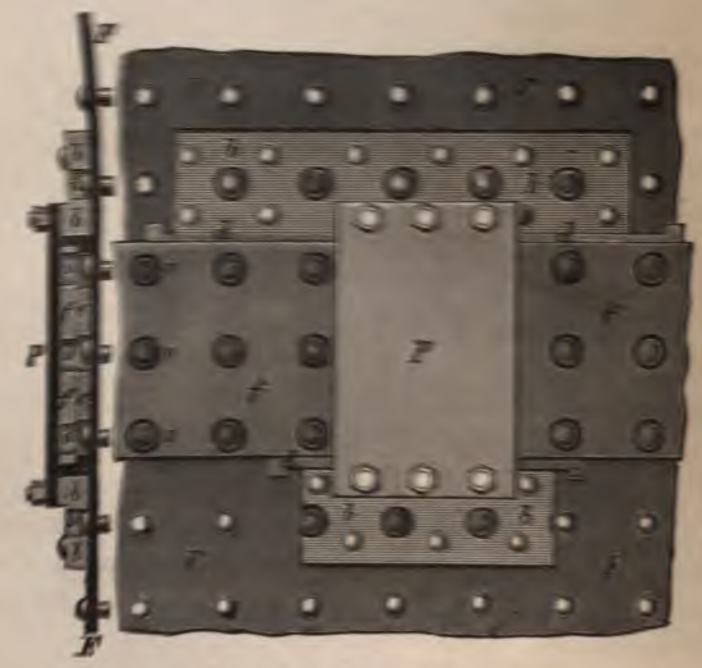
Supports en tôle. — La tôle *a*, *a* est saisie des deux côtés et sous la chaudière par deux cornières *b*, *b* contre lesquelles cette tôle est rivée, mais pas à la chaudière, attendu que celle-ci doit pouvoir glisser sur son support. La liaison de la plaque avec les longerons *f*, *f* est obtenue avec des rivets, ou mieux avec des vis *s*, afin de pouvoir détacher facilement les longerons, en cas de réparation. Comme la plaque *a*, à cause de la distribution, ne peut pas descendre jusqu'à *d*, on l'évase en *c*, *c*.

Supports avec plaques en laiton. — Pour faciliter le glissement de la chaudière, on a placé sur les supports des plaques en laiton.

Il existe encore un autre mode de laisser à la dilatation son lib
cours : c'est, tout en fixant la charnière au support, d'ovaliser l



Supports avec plaques de friction en acier, en bronze ou en laiton. Supports en fer forgé.
d, d, plaques en laiton ; e, vis à trous ovalisés.



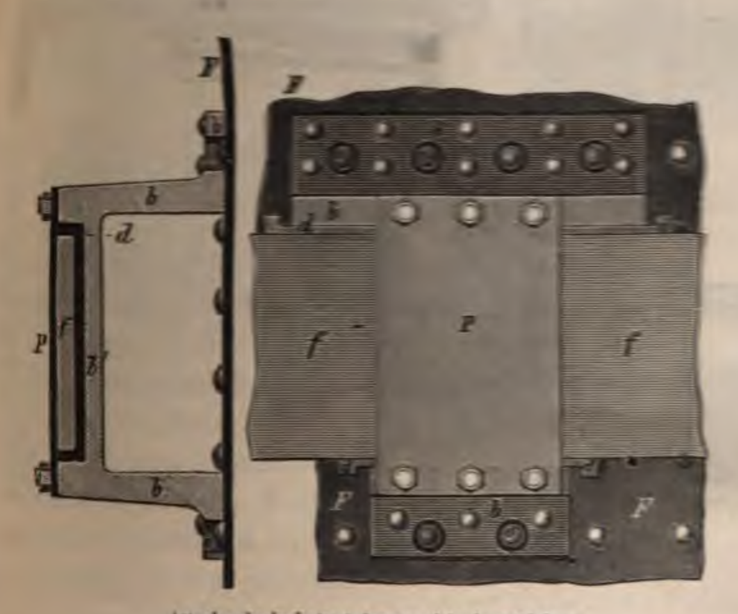
Attache de la boîte à feu au châssis intérieur.
1/10 de grandeur naturelle.

f, châssis ; *F*, paroi de la boîte à feu ; *bb*, plaques de guidage, rivées à la boîte à feu ;
dd, semelles de laiton ; P, bride des plaques ; *oo*, boulons.

trous des rivets ou des vis. L'emploi de ce procédé n'est pas à conseiller. Le mouvement espéré n'a guère lieu, si les vis ou les rivets sont tant soit peu serrés, puis leur trou se remplit de rouille. On avait espéré que par la liaison fixe on empêcherait, dans les coups de tampons, la chaudière de se séparer de son support. Plusieurs accidents ont prouvé que cette séparation n'a pas lieu, quand même cette attache est mobile.

Attache de la boîte à feu au châssis intérieur. — Entre les joues ou plaques de guidage *b*, *b*, on pose quelquefois des semelles de laiton pour faciliter le glissement. (Voir cette attache à la page précédente.)

Attache de la boîte à feu au châssis extérieur. — Les plaques de guidage *b*,*b* sont réunies par le chevalet *b'* (ci-dessous).



Attache de la boîte à feu au châssis extérieur.
1/10 de grandeur naturelle.

f, châssis ; F, paroi de la boîte à feu ; *bb*, plaques de guidage rivées à la boîte à feu ; *dd*, semelles de laiton ; P, bride des plaques ; *oo*, boulons.

§ 3. — LES APPAREILS DE TRACTION ET DE CHOC DE LA LOCOMOTIVE.

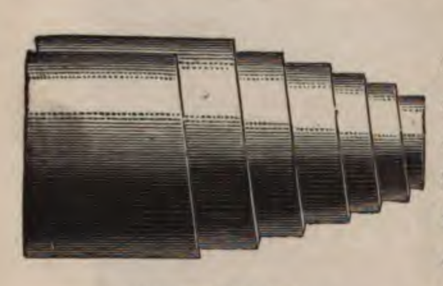
Ces appareils ont pour objet l'accouplement élastique de la locomotive avec le tender.

Tampons de locomotive. — Aux deux extrémités de la traverse d'avant et de la traverse d'arrière d'une locomotive se trouvent les tampons, dont le dessin ci-dessous représente le type le plus usité.



Tampon de locomotive Brown.
1/10 de grandeur naturelle.

f, base de la douille *a* vissée en *h* contre la traverse ; *rr*, tampon.



Ressort de tampon.
1/5 de grandeur naturelle.

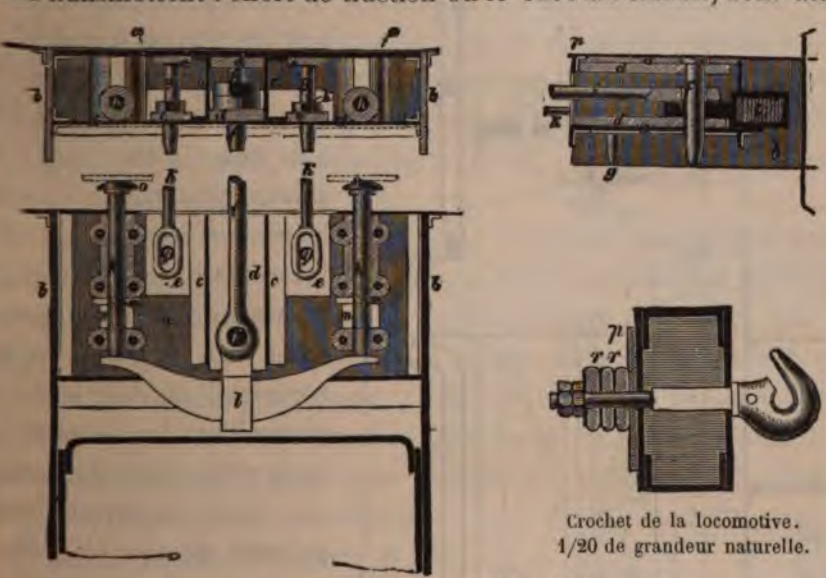
Dans la douille *a* est placé un ressort de tôle d'acier en spirale *g g* que traverse la tige *b* dont la course est limitée par le rebord *c*. Sans cet arrêt, ce ressort, trop fortement comprimé par la rondelle *d*, pourrait se casser. Au moyen de l'écrou *e*, on donne au ressort la tension initiale voulue.

Crochet de traction. — Au milieu de la traverse se trouve un fort crochet qui sert à atteler une locomotive à une autre locomotive ou à un wagon ; aux extrémités, on place les tampons. — Pour qu'un

subit effort de traction ne puisse pas endommager la traverse, on la renforce par une plaque *p* et on fait tirer le crochet sur des anneaux ou rondelles en caoutchouc *rr*, ou sur un ressort en spirale, pareil à celui des tampons, mais de dimensions beaucoup plus restreintes.

La rupture de ce crochet, comme de l'ensemble de l'attelage, provient des défauts de construction, des mouvements et arrêts trop brusques, du manque de serrage des tampons, et surtout des chocs dans les aiguilles et les croisements.

Attache de la locomotive au tender. — La liaison de la locomotive avec le tender a lieu — en dehors de la tige d'accouplement sous la plate-forme du mécanicien — par deux accouplements qui ne doivent fonctionner qu'en cas de rupture de la tige. Deux plaques de tôle *aa* de la traverse, qui transmettent l'effort de traction ou le choc au châssis, sont atta-



Crochet de la locomotive.
1/20 de grandeur naturelle.

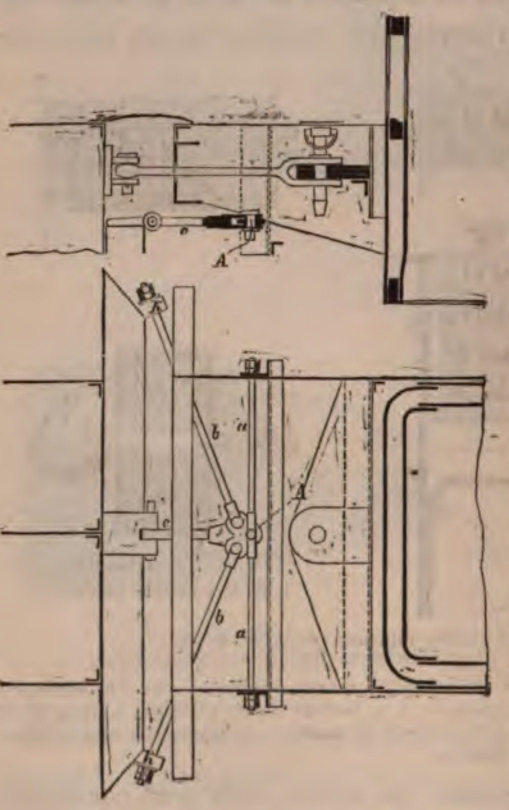
Appareil de traction et d'accouplement de la locomotive.
1/25 de grandeur naturelle.

a, plaque de la traverse d'avant ; *bb*, longerons ; *l*, ressort de choc ; *i*, tige d'accouplement principale ; *d*, *e*, plaques de consolidation ; *f*, *g*, boulons d'accouplement ; *o*, tampons de la locomotive avec leur tige *h* ; *k*, accouplement de sûreté ; *c*, *c*, plaques de consolidation ; *m*, coin de réglage passant par la fente *n*.

chées par des vis aux longerons. Au milieu, elles sont consolidées par deux cornières *cc* et les plaques *d* et *e* ; sans cela, les boulons

f et g, g perceraient la tôle a. Les accouplements de sûreté kl
machine par les boulons g, g, entrent en action quand l'acc
principal i est rompu. Les trous de l'accouplement de s
taillés en ovale, pour permettre le passage dans les courbes ;
précaution, le tender pourra dérailler ou l'accouplement
Pour renforcer l'accouplement entre le tender et la m
emploie le ressort de choc l, tenu par le boulon f ; il presse
tiges des tampons h, h qui s'appuient en o, o contre les t
tender et cherchent à écarter ce dernier de la locomoti
disposition a pour but de diminuer l'intensité du choc et d'
par le frottement des tampons o, o contre ceux du tender,
cement de la machine et du tender, quand le boulon n'
exactement dan
de la tige d'acc
i et des plaques

La construct
compliquée de
a sa raison d'êt
changement co
la position resp
la locomotive et
changement
aussi bien dans
horizontal que d
vertical par les
de la voie ; il fau
ces trois acco
puissent se mou
ment dans des l
finies, telles que
précédente les i



Accouplement transversal.

Accouplement
sal. — Pour neu

balancements, on a essayé dans ces derniers temps plusieurs constructions, telles que des chaînes entrecroisées, mais qui ne fonctionnaient pas d'une manière satisfaisante dans les courbes. On commence à les abandonner, et on a recours à une liaison transversale au-dessous de l'accouplement propre.

Dans le modèle ci-contre, le point A est maintenu par les tiges *a*, *b*, *c* dans une position invariable à l'égard de la machine et du tender. Comme les trous des douilles *k* donnent du jeu et que la tige *c* a une charnière, le mouvement vertical peut avoir lieu.

§ 4. — LES ESSIEUX ET LES ROUES.

Ce qui constitue la différence entre les essieux et roues des véhicules des chemins de fer et les essieux et roues des voitures sur les routes, c'est que les premiers sont fixés sur l'essieu qui tourne et que les seconds sont libres sur l'essieu qui ne tourne pas, ou, en d'autres termes : sur les rails, l'essieu tourne avec les roues ; sur les chaussées, les roues seules tournent.

Les roues d'un même essieu ayant le même diamètre parcourent dans les alignements un chemin égal dans le même laps de temps. Mais dans les courbes les rails extérieurs sont plus longs que les rails intérieurs, et il en résulte que la roue, sur le rail extérieur, parcourt un chemin plus grand. Cette différence est rachetée par le glissement de la roue. Dans ce glissement, la fusée est tordue, et cette torsion est d'autant plus sensible que le frottement entre la roue et le rail est plus considérable, et que la pression de la roue et son diamètre sont plus grands. Les chocs des rebords des roues contre les rails lors du balancement de la locomotive sont encore plus dangereux. Si la roue A frappe contre le rail au point *a*, l'essieu prend la forme indiquée ci-



Figure de démonstration des effets de torsion de l'essieu.

contre d'une manière exagérée ; la roue A s'incline pendant que la roue B reste verticale. Le corps de l'essieu suivra alors, aux points et b, la position de la roue, et à partir de b vers d il se courbera. Mais les chocs se suivent avec une rapidité telle qu'ils n'ont pas le temps de se propager, et la fusée c sera déjà cassée avant qu'ils aient agi sur le corps de l'essieu. Comme on n'est pas encore parvenu à les annuler, on s'applique à perfectionner la disposition des essieux qu'on rend aussi solides que possible sans outrepasser les dimensions et par conséquent le poids, ainsi que nous allons le voir dans les modèles suivants, qui se rapportent aux essieux droits ou coudés.

Construction des essieux. — Les essieux du meilleur fer peuvent être chargés proportionnellement au diamètre de leur portée de calage ou de leur fusée, ainsi qu'il suit :

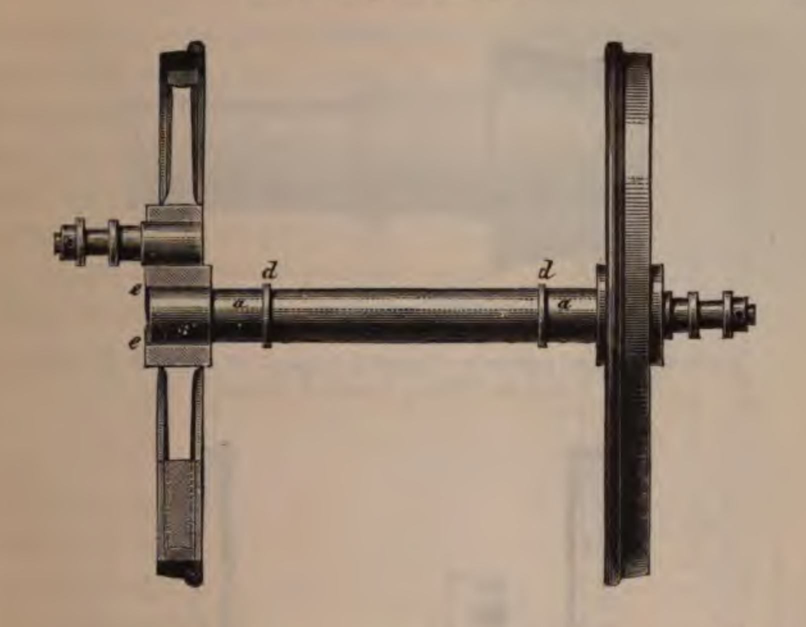
0m,100	(portée de calage)	ou	0m,065	(fusée). .	3.800	kilogrammes
0m,115	—		0m,075	—	5.500	—
0m,130	—		0m,085	—	8.000	—
0m,140	—		0m,095	—	10.000	—

Ces charges sont augmentées de 15 0/0 pour l'acier fondu.

Ces chiffres ne se rapportent pas aux essieux moteurs, mais seulement aux essieux porteurs et aux essieux du tender et des wagons ; pour les essieux des voitures, la prudence commande de réduire ces charges de 20 0/0. Comme règle générale de construction des essieux, on admet que les raccordements des diverses parties de l'essieu doivent être faits par des courbes.

Les raccordements rectilignes ou changements brusques constituent des plans de rupture, qu'à tout prix il faut éviter.

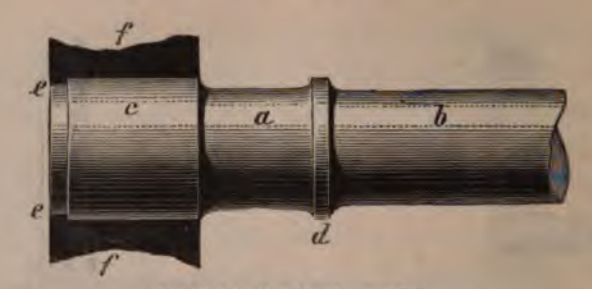
Essieu droit. — Le spécimen ci-contre est le plus usité. Les essieux droits peuvent fournir un parcours de 300,000 kilomètres. Les fusées sont presque toujours droites ; on emploie rarement des fusées biconiques, formées par deux troncs de cône juxtaposés à leur base.





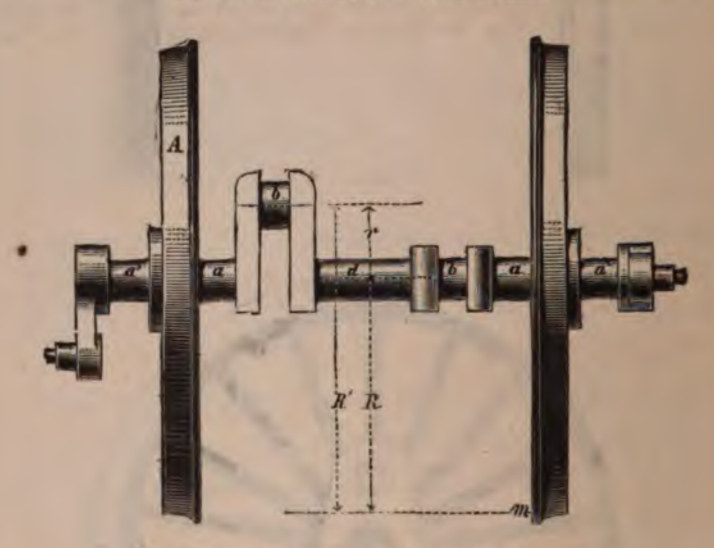
Essieu moteur d'une machine à voyageurs.
1/25 de grandeur naturelle.

Voir la légende à la page suivante.



Détails de l'essieu (page 175).
1/10 de grandeur naturelle.

c, portée de calage ; a, fusée ; ee, limite de la portée de calage ; ff, moyeu : b, corps de l'essieu ; d, congé de la fusée.

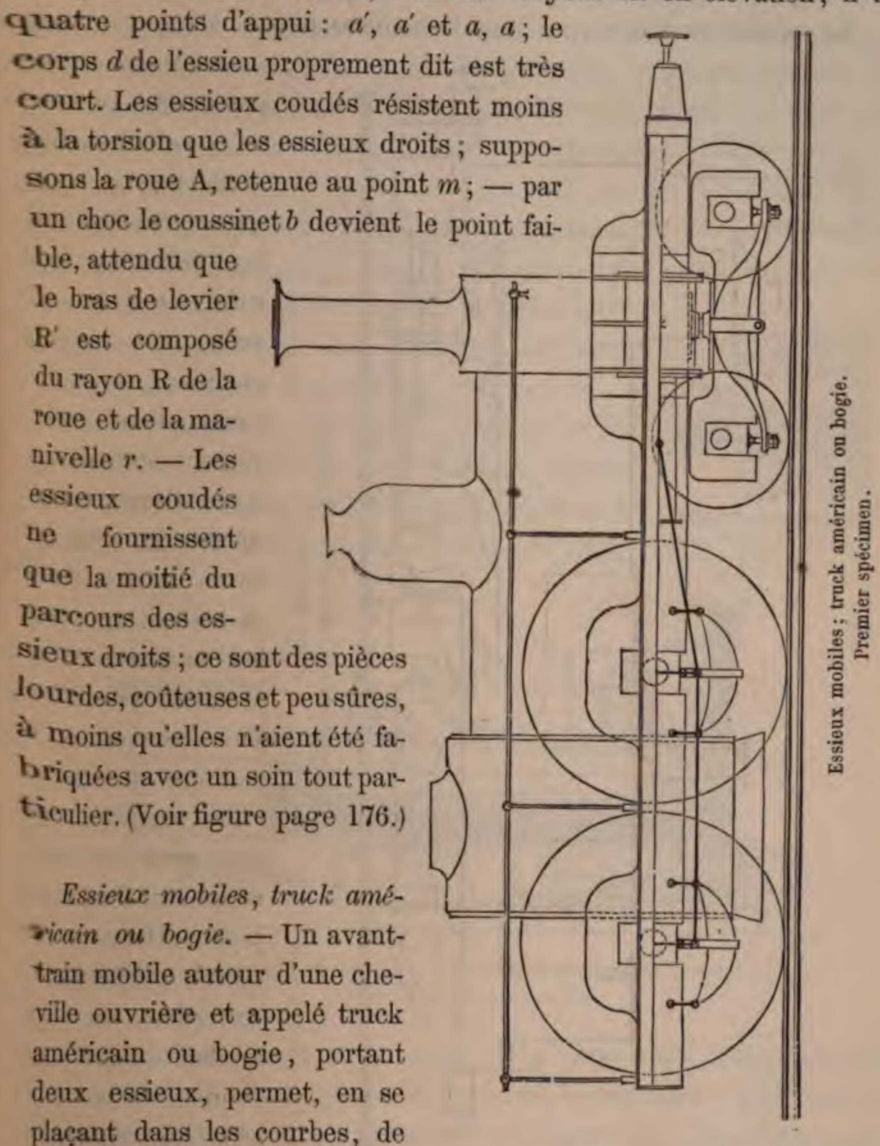


Essieu coudé ou essieu avec cylindres intérieurs.
1/30 de grandeur naturelle.



Essieu porteur correspondant à l'essieu coudé ci-dessus.

Essieu coudé. — Dans le dessin du châssis double, nous avons vu en plan un essieu coudé ; nous le voyons ici en élévation ; il a quatre points d'appui : *a'*, *a'* et *a*, *a* ; le corps *d* de l'essieu proprement dit est très court. Les essieux coudés résistent moins à la torsion que les essieux droits ; supposons la roue A, retenue au point *m* ; — par un choc le coussinet *b* devient le point faible, attendu que le bras de levier R' est composé du rayon R de la roue et de la manivelle *r*. — Les essieux coudés ne fournissent que la moitié du parcours des essieux droits ; ce sont des pièces lourdes, coûteuses et peu sûres, à moins qu'elles n'aient été fabriquées avec un soin tout particulier. (Voir figure page 176.)

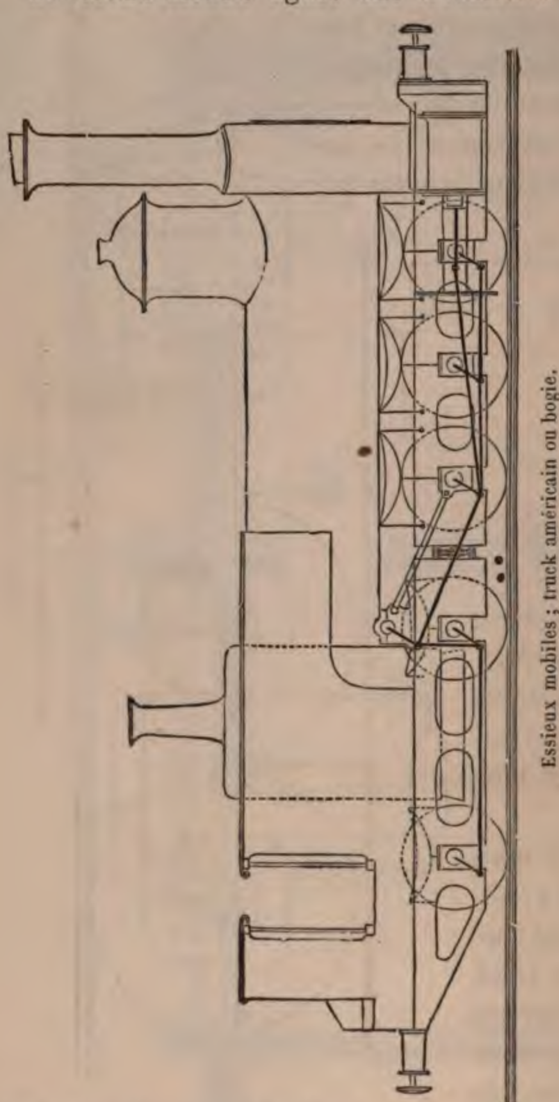


Essieux mobiles ; truck américain ou bogie.
Premier spécimen.

Essieux mobiles, truck américain ou bogie. — Un avant-train mobile autour d'une cheville ouvrière et appelé truck américain ou bogie, portant deux essieux, permet, en se plaçant dans les courbes, de guider la locomotive. Dans le premier modèle, représentant une machine à voyageurs, on voit la tige du piston saisir la bielle qui tourne la manivelle de la roue du milieu, et qui par sa bielle d'ac-

couplement fait travailler la roue à gauche. Il n'y a donc que de sieux qui travaillent; le truck ne fait que guider la machine.

Le second modèle figure une locomotive-tender à marcha avec dix roue plées; elle est sée en deux p distinctes, et deux véhicul liés entre eu une chevill vrière, — c ci-dessus. — transmettre le vement des tr sieux d'avant rière-train, on cours à un essieu qui ag les deux essie tender, less sont accouplés manière ordi Cette machine ciale peut êtr ployée sur les pentes et les co de très petit r Autrefois on voulait pas France, de ce gies; on comn

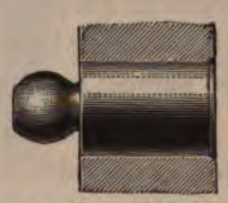


Essieux mobiles ; truck américain ou bogie.
Second spécimen.

à s'en servir; on avait nié leur stabilité, aujourd'hui on la reco

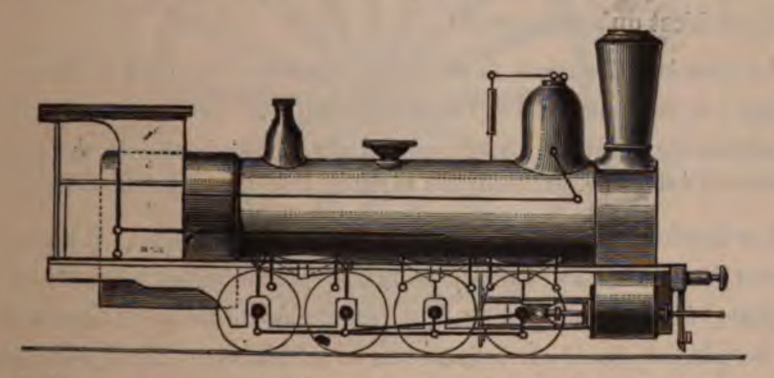
Pour le passage des courbes, tout en évitant les lacets, on employer des essieux qui se déplacent latéralement. On sait q

lacet provient de ce que les roues d'avant de la locomotive heurtent alternativement le rebord des rails et que, si on laisse du jeu, ce lacet est encore augmenté. Aux oscillations latérales à l'avant correspondent des oscillations opposées à l'arrière et qui seraient encore plus sensibles, si l'essieu d'arrière ne se déplaçait pas ; il faut alors que cet essieu puisse être rendu mobile. On obtient cette position en prolongeant la fusée ou en laissant du jeu entre les plaques de garde et les joues des boîtes à graisse. Ce déplacement ne doit pas s'étendre au delà de 1 centimètre de chaque côté, et comme il entraîne l'obliquité des bielles, on donne au tourillon la forme sphérique, et les effets de cette obliquité sont ainsi neutralisés, du moins en grande partie.



Tourillon sphérique pour essieux mobiles

Quant à permettre à l'essieu moteur de se déplacer, il y aurait quelque inconvénient, à cause de la difficulté d'attacher les diverses pièces de la machinerie : bielles, manivelles et tige du tiroir.



Machine à quatre essieux couplés avec tourillon sphérique de l'essieu d'arrière 1/100 de grandeur naturelle.

Construction des roues. — Les diverses parties qui composent une roue sont : le moyeu, les rais, la jante, le bandage ; à ces pièces s'ajoutent, pour les roues motrices, les manivelles et les contrepoids. Le bandage est muni d'un rebord appelé : mentonnet ou boudin, mot trivial qui ne dit rien, mais qui est employé dans beaucoup d'ateliers ; le mentonnet guide la roue contre la tête ou champignon du

rail. Le bandage a, vers l'intérieur, une inclinaison appelée conicité, de 1/20 de sa largeur, pour s'appliquer contre la tête du rail.

Dans les roues porteuses ou portantes, on avait supprimé à l'origine ce rebord pour faciliter le passage dans les courbes; maintenant on le remet pour éviter les déraillements.

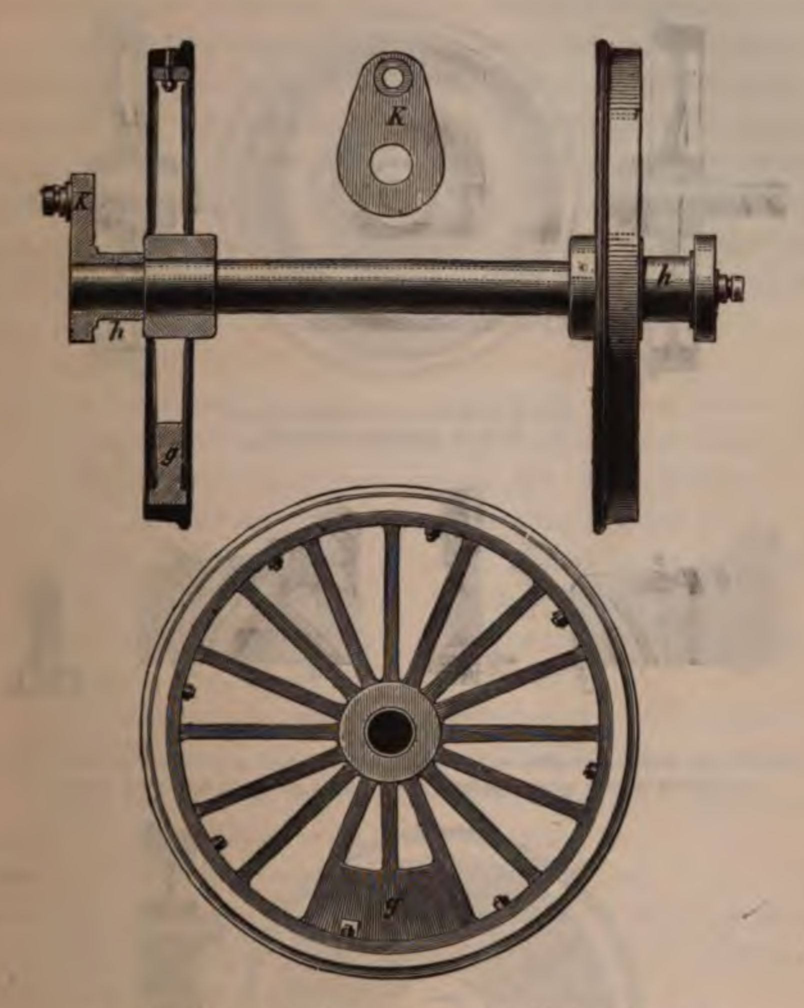
Les roues sont en fer forgé ou en acier, pour les locomotives. Elles sont forgées d'une pièce au marteau-pilon ou à la presse hydraulique. Quelques constructeurs trouvent que l'acier est trop cassant, surtout quand il est soumis à l'action des freins; ils donnent la préférence au fer, principalement dans les pays froids. Quant aux roues en fonte pour locomotives, elles sont prohibées d'une manière absolue en Europe; on ne les voit plus qu'en Amérique.

Aucune roue ne doit être chargée à plus de 7 tonnes, y compris son propre poids et celui de la moitié de l'essieu; au delà, elle pourrait écraser la voie de fer, si elle n'était pas écrasée elle-même. Du reste cela dépend de la nature des matériaux employés, et le chiffre indiqué n'est qu'approximatif.

Le diamètre des roues motrices est déterminé d'après la vitesse des trains : à 25 kilomètres à l'heure, le diamètre est de $0^{m},90$; à 30 kilomètres, de $1^{m},10$; à 45 kilomètres, de $1^{m},30$ et au delà de 45 kilomètres il est de $1^{m},50$; pour les rapides, il dépasse même 2 mètres.

Les bandages sont aujourd'hui presque tous en acier; il faut qu'ils soient durs et tenaces en même temps pour résister à l'usure et à la rupture. Si les bandages ne sont pas coulés d'une pièce avec la roue, on les place à chaud sur la jante; en se refroidissant, ils se rétrécissent et se serrent fortement contre la roue; puis ils sont assemblés avec la jante au moyen de vis noyées ou de boulons.

Roues à rais. — Les roues à rayons pleins sont les plus usitées; les rais creux ou rais à tube deviennent de plus en plus rares. Il en est de même des rais enchâssés dans un moyeu en fonte. Les rais peuvent être considérés comme des solides encastrés et chargés à la jante. Ils doivent donc avoir une section croissante vers le moyeu.



Roue à rais appartenant à un essieu moteur à châssis extérieur.

K, manivelle ; *h*, fusée ; *g*, contrepoids.

Roues pleines ou roues à plaques en tôle ou avec plateaux de bois. — Elles se répandent fort peu en France, mais beaucoup à l'étranger. Nos chemins de fer leur reprochent d'être lourdes et de rendre difficile le graissage des pièces placées derrière elles ; cependant les roues pleines font moins de poussière que les roues à rais. (Voir page 182.)



Roue à plaques avec bandages ajoutés.
1/25 de grandeur naturelle.



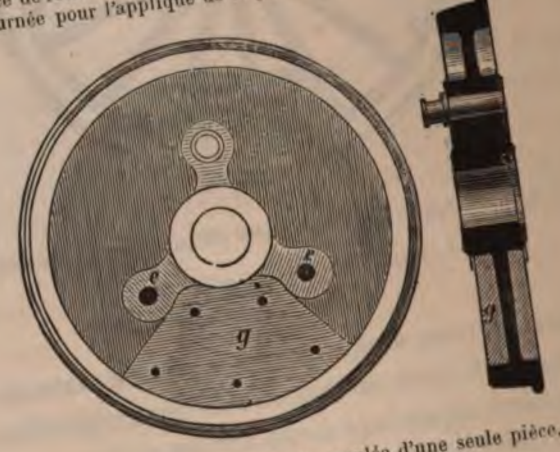






Attaches des bandages.
1/5 de grandeur naturelle.

C, rebord ; Cc, surface de roulement ; *b*, trou conique du boulon de serrage *m* ou de la vis *d*
a, surface tournée pour l'applique de la jante ; *g*, rebord d'arrêt du bandage.



Roue à plaques avec manivelle, coulée d'une seule pièce,
1/25 de grandeur naturelle.

e, *e*, trous servant à l'attache sur le tour ; *g*, contrepoids.

Calage des roues. — Le calage de la roue sur l'essieu a lieu au moyen de la presse hydraulique à 250 tonnes. Les roues motrices doivent non seulement être fixées d'une manière solide sur l'essieu, mais aussi avoir une position déterminée l'une à l'égard de l'autre, ce que l'on obtient avec un coin en fer, — une clavette ; — la fausse position des manivelles peut occasionner la rupture des bielles et des tourillons. Pour éviter tout défaut, on ne perce les trous des tourillons de la manivelle et des barres d'accouplement que quand la roue est calée. Les tourillons et les manivelles sont ensuite rajoutés.

Avaries des essieux et roues. — Les essieux sont soumis à des flexions, à des chocs et à des torsions qui résultent de la charge, des inégalités de la voie et du travail des bielles. Ces efforts réunis peuvent altérer la contexture du métal et provoquer des ruptures qui se manifestent aux portées de calage dans les essieux droits, et au raccordement des bielles avec les manivelles dans les essieux coudés.

Ces ruptures sont plus rares que celles des essieux des voitures et wagons qui sont moins surveillés.

La rupture commence par une fissure cachée et est déterminée par un choc exceptionnel, mais nullement par la faiblesse des dimensions. On découvre ces fissures en frappant à grands coups de marteau sur la tête de l'essieu ; l'huile sort alors de la fissure.

Si un essieu moteur ou accouplé est rompu, il faut l'isoler de la machinerie et s'arrêter ; si c'est un essieu porteur, il faut le soulever, caler ses boîtes et aller au pas. Un conducteur marchera à côté pour l'observer et pour donner le signal d'arrêt.

Si une roue se décale, il faut appeler la machine de secours ; marcher avec une roue décalée est dangereux, car l'essieu peut se briser. La rupture du bandage d'une locomotive est plus grave encore ; il faut s'arrêter ; les bielles d'accouplement doivent être détachées immédiatement, ou être liées d'une manière solide.

Si c'est un bandage de voiture ou de wagon qui s'est rompu, on peut continuer le voyage jusqu'à la station suivante, après avoir soulevé l'essieu, afin que le véhicule ne s'incline pas trop. La prudence

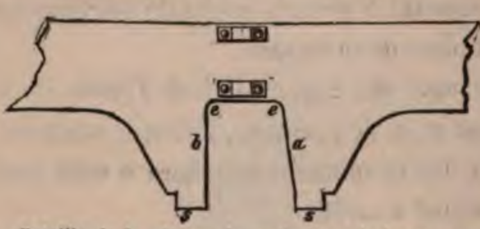
dans les manœuvres pour consolider la roue endommagée s'impose au mécanicien ; il est inutile de la lui rappeler.

Le bandage s'use, et, en se couvrant de flâches ou parties plus ou moins rectilignes, cesse d'être un cercle ; il devient un polygone. Il est urgent de mettre les roues sur le tour, — de les limer mécaniquement, — pour leur rendre la forme primitive ; si par hasard une des roues est restée intacte, elle y passe comme les autres pour être ramenée au même diamètre.

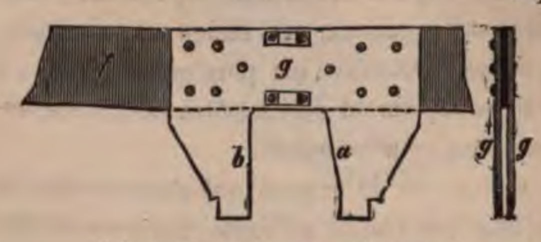
Pour enlever un essieu, qu'au préalable on a débarrassé de toutes les pièces qui y sont attachées, on soulève la machine avec une grue ou encore on descend l'essieu sur un plateau dans une fosse.

§ 5. — LES PLAQUES DE GARDE.

Les plaques de garde sont destinées à recevoir les boîtes à graisse. L'entaille de la plaque de garde, arrondie aux coins *e*, *e*, est verticale d'un côté, *b*, et oblique de l'autre côté, *a*, pour les roues motrices et les roues couplées; pour les roues portantes, elle est verticale des deux côtés. On y ajoute des rebords *s*, *s* retenus par une bride (page 185).



Entaille de la plaque de garde dans le longeron.



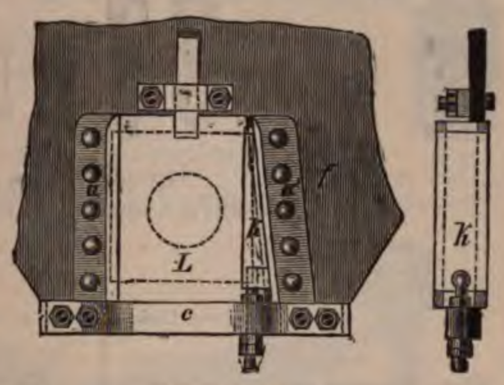
Rajustage de la plaque *g* au longeron *f*.

Le piston presse sur les essieux moteurs alternativement des deux côtés du coussinet pendant que les chocs des rails agissent verticalement, ce qui occasionne la prompte usure de ces surfaces frottantes et peut occasionner la rupture du longeron. Pour obvier à cet inconvénient, on a construit un coin spécial en fer, coin de réglage ou cla-

vette qui maintient les joues des boîtes à graisse dans les entailles du longeron dont l'obliquité est commandée par cette clavette.

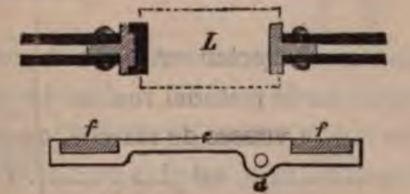

Plaques de garde d'une seule pièce.

Dans les figures de détail ci-contre, on voit l'élévation, le plan et la coupe d'une plaque de garde *aa''* dans le longeron *f*. La plaque de garde guide d'un côté le coussinet L ; de l'autre côté se trouve la clavette *k*. Ces pièces sont en fer forgé ou en acier. Les écrous *m*, *m'* permettent de déplacer la clavette qui peut descendre jusqu'à la pièce C où se trouve l'écrou *m*, tourné par l'écrou *m'* qui est poussé par l'écrou *m''*. Le réglage de cette clavette est assez délicat; si elle n'est pas assez serrée, le coussinet frappe contre la plaque de garde, et produit un claquement qui est facile à reconnaître; si elle est trop serrée, le ressort de suspension ne peut plus fonctionner, ses oscillations sont gênées et la locomotive reçoit les chocs de la voie que les balanciers n'ont pas pu amortir. Un détraquement complet de la machinerie peut donc être la fatale conséquence du mauvais réglage de ces clavettes. (Voir les détails des clavettes à la page suivante.)

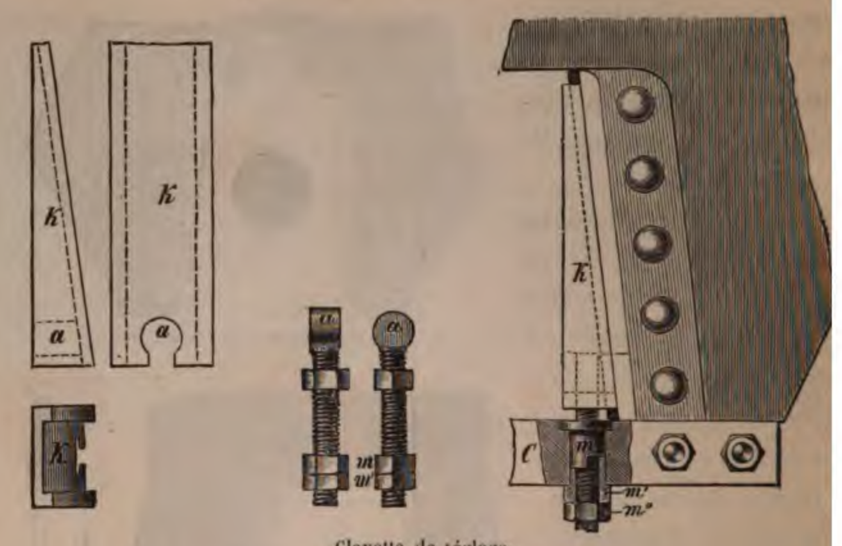




Détails de la plaque de garde.



Bride de la plaque de garde.
d, vis de réglage de la clavette.



Clavette de réglage.
k, clavette; a, a, entaille de la vis de réglage.

§ 6. — LES BOITES A GRAISSE.

Elles forment le support des tusées d'essieux. (Voir chapitre : ı GRAISSAGE.)

§ 7. — LES RESSORTS DE SUSPENSION.

Quelque correctement que soit posée une voie de fer, elle produ toujours sur le matériel roulant des chocs qui sont d'autant plus sei sibles que la vitesse de marche, ou la force avec laquelle les rou heurtent les rails, est plus grande. Pour en neutraliser — du moi en partie — les effets destructeurs, on a recours à des appareils éla tiques intercalés entre les essieux et le châssis ; ce sont les ressorts suspension et les balanciers.

Construction des ressorts de suspension. — Dans les chemins de fe on n'emploie pour ces ressorts que des lames d'acier ; on les étab

aussi longues que possible, attendu que la flexion augmente avec le carré de la longueur; — un ressort d'une longueur = 1, ploie = 1; le même ressort allongé = 2, ploie = 4; le même = 3, ploie = 9.

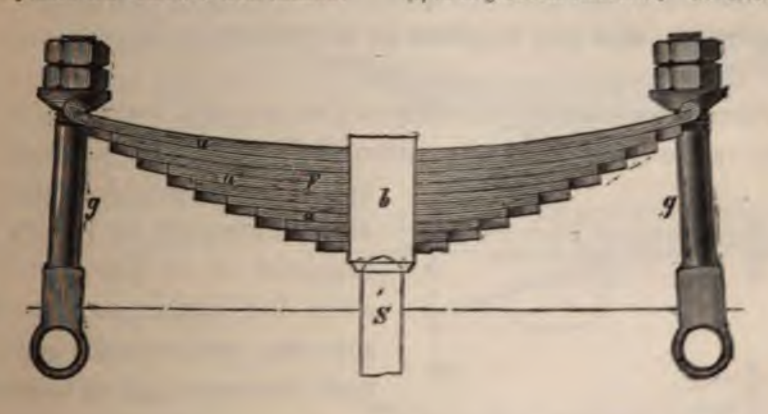


Profil d'une lame de ressort.
Grandeur naturelle.

Ces lames se superposent par le rebord ou goujon *a'* dans la rainure *a*, afin d'éviter le déplacement latéral. L'établissement de cette échancrure est une complication qui même affaiblit le métal; il vaut mieux entourer les lames avec un étrier placé à chaud; au surplus, on enfonce une pointe au travers des lames.



(1/12 de grandeur naturelle.) Profil de l'étrier de ressort.





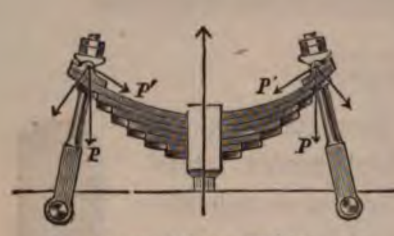
Ressort de suspension à simple courbure.

F, ressort composé de lames *a*, *a*; *b*, étrier; S, poinçon ou chandelle s'appuyant sur la boîte à graisse; *g*, tige de suspension attachée au châssis.

Le ressort à double courbure offre l'inconvénient de ne pas laisser les lames se superposer correctement et de ne pas se redresser jusqu'à la forme primitive. (Voir la figure à la page suivante.)



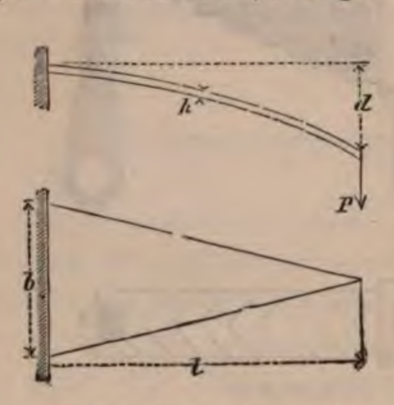
Ressort à double courbure. (Voir à la page précédente.)



Ressort à forte courbure.

On a souvent employé des res-sorts à forte courbure, mais ils ne sont pas à recommander. Un choc dans le sens de la flèche du milieu tend non seulement à fléchir le ressort vers la direction de la force P, mais aussi à le pousser en P′. Cette force P′, qui disparaît dans les ressorts très plats, est i quelquefois la cause de la rupture des ressorts et de leurs tiges d suspension, ainsi que de pièces de la machinerie.

Flexion des ressorts. — La flexion d'un ressort a toujours lieu d'a-près un arc de cercle, et sa grandeur *d* dépend de ses dimensions épaisseur *h*, largeur *b*, longueur *l* et naturellement de l'effort P à supporter. Il est clair que, si cet effort doit varier, on peut faire supporter cette variation à une des trois dimensions, qu'en théorie on peut exagérer à volonté.



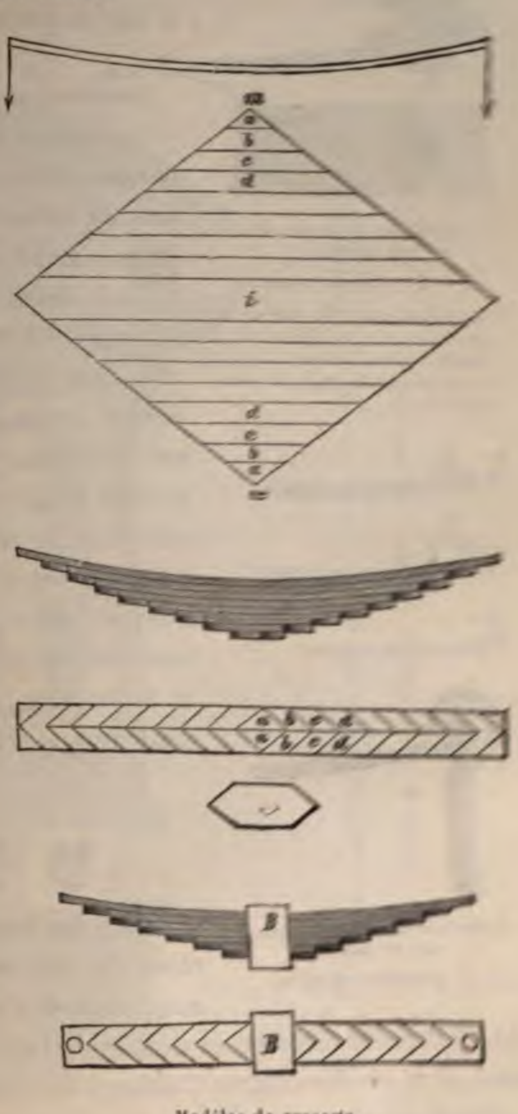
Effet de la charge sur un ressort.

En effet la grandeur de la flexion *d* varie suivant le poids P. Cette flexion diminue si la lar-geur *b* augmente; en doublant le poids, il faut aussi doubler la largeur *b*, les autres dimensions restant les mêmes. Si avec la charge double on diminue de moitié la longueur du ressort, celui-ci garde sa même force, mais la flexion — qui varie d'après le carré de la lon-

gueur — ne sera plus que le quart de sa grandeur primitive, et l'effet du ressort se trouvera ainsi diminué.

La pratique indique les limites de cette variation ; elle rejette les ressorts démesurément longs ou épais.

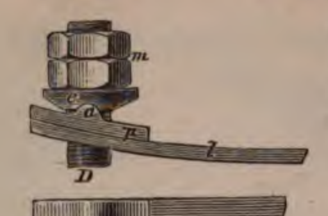
Une lame de ressort *mm*, formée d'après le modèle ci-contre, remplirait les conditions de résistance et de stabilité, si l'énorme largeur *mm* était admissible. On a alors coupé cette plaque en bandes égales *a*, *b*, *c*, *d*, *i* ; on les a superposées et reliées ensemble avec un étrier B, comme nous venons de le voir à la page 187.



Modèles de ressorts.

Méthodes de suspension des ressorts. — La manière de suspendre les ressorts au châssis est très diverse. Nous en donnons quelques spécimens.

Dans le modèle ci-après, les trous des lames de ressort et de la plaque des supports doivent être ovales pour que le ressort puisse avoir du jeu. Comme la plaque peut se déplacer, on emploie un bourrelet *a* forgé sur la lame même. Par le dernier mo-



Spécimen de suspension de ressort.

1/8 de grandeur naturelle.

l, lame de ressort; D, tige de suspension avec sa tête *e* sur laquelle repose l'écrou de serrage *m*; *p*, plaque de support avec le bourrelet *a*.

dèle de bourrelet, on évite le percemen du trou de la lame. L'écrou de serrage d la tige de suspension est en dessous.

Avaries des ressorts et de leur suspension — La rupture des ressorts et de leur sus pension est très rare. On connaît peu d'exem ples de suites fâcheuses de pareils acci dents. Quand ces pièces se cassent, l véhicule descend sur le châssis, s'y appuie mais ne culbute pas. Le mécanicien sai qu'il faut marcher lentement jusqu'à u endroit où l'on peut sortir du train le véhi cule endommagé. — La rupture du ressor d'avant d'une locomotive est plus grave elle peut devenir la cause d'un déraille ment. On s'arrête pour relever la chaudièr avec un vérin, on enlève le ressort, o introduit des cales entre la boîte à graiss et le longeron, et dès que l'équilibre e rétabli on appelle la machine de secour



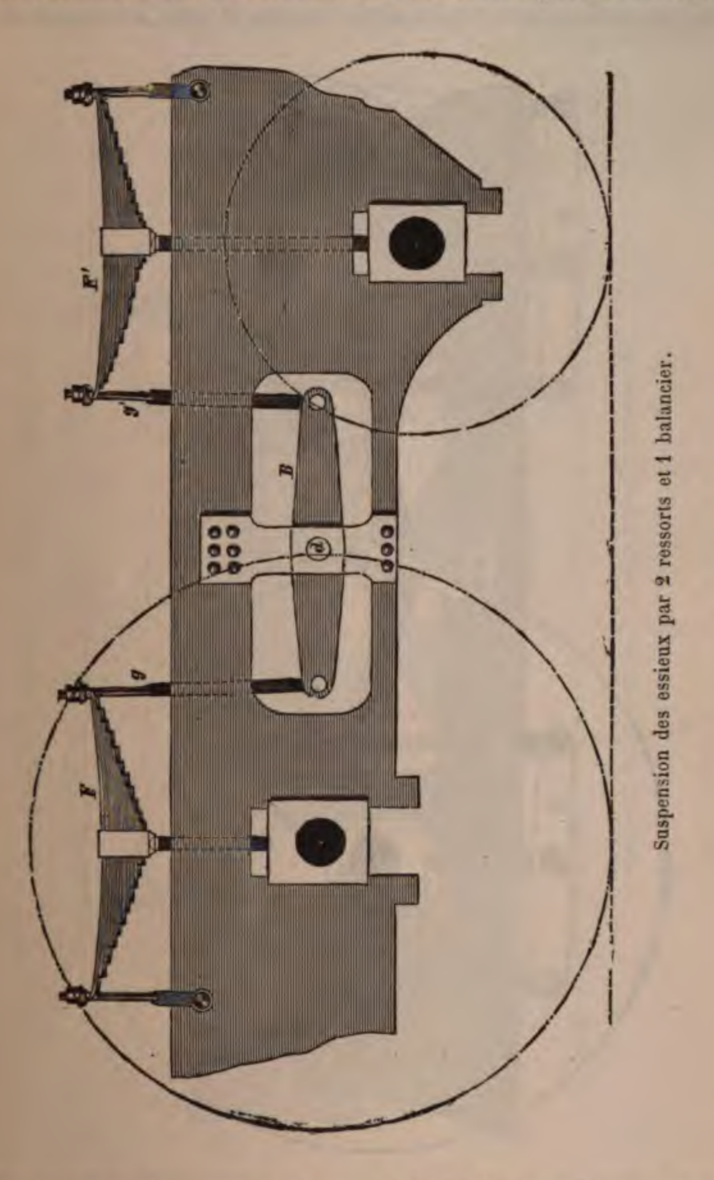
Bourrelets forgés sur la lame des ressorts.

1/8 de grandeur naturelle.

§ 8. — LES BALANCIERS.

Le but des balanciers est de répartir le chocs des rails entre plusieurs ressorts d suspension et d'en diminuer ainsi l'inter sité. Si l'un des ressorts est déchargé, l'autre en profite immédiate ment; il en résulte comme avantage de construction que les ressort combinés peuvent être rendus plus légers et plus élastiques que le ressorts isolés. Le danger d'un déraillement et d'une rupture d'es sieu est aussi amoindri. En outre, les balanciers avec leurs ressort répartissant le poids de la locomotive sur divers points d'appui, le

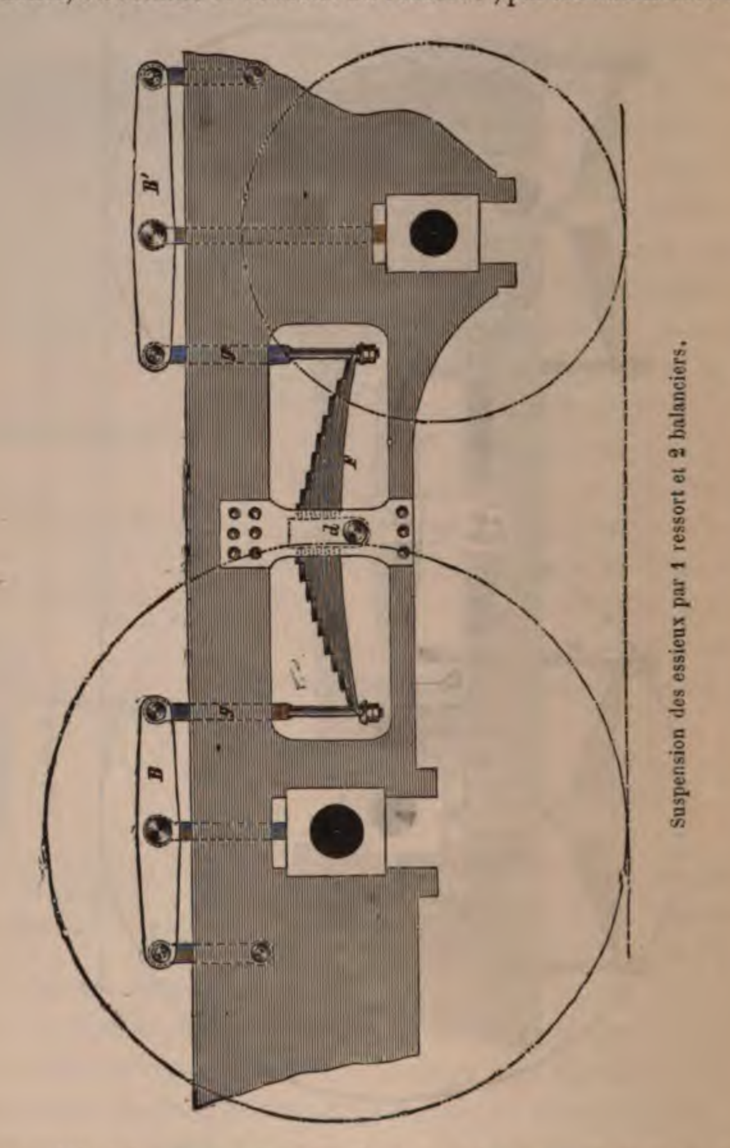
mouvements irréguliers : tangage, lacet, roulis, deviennent moins sensibles, comme nous le verrons dans les forces perturbatrices.



Suspension des essieux par 2 ressorts et 1 balancier.

Par l'inspection des quatre figures à 1/24 de grandeur naturelle, on peut se rendre compte de ces effets. Si les tiges g, g' des ressorts

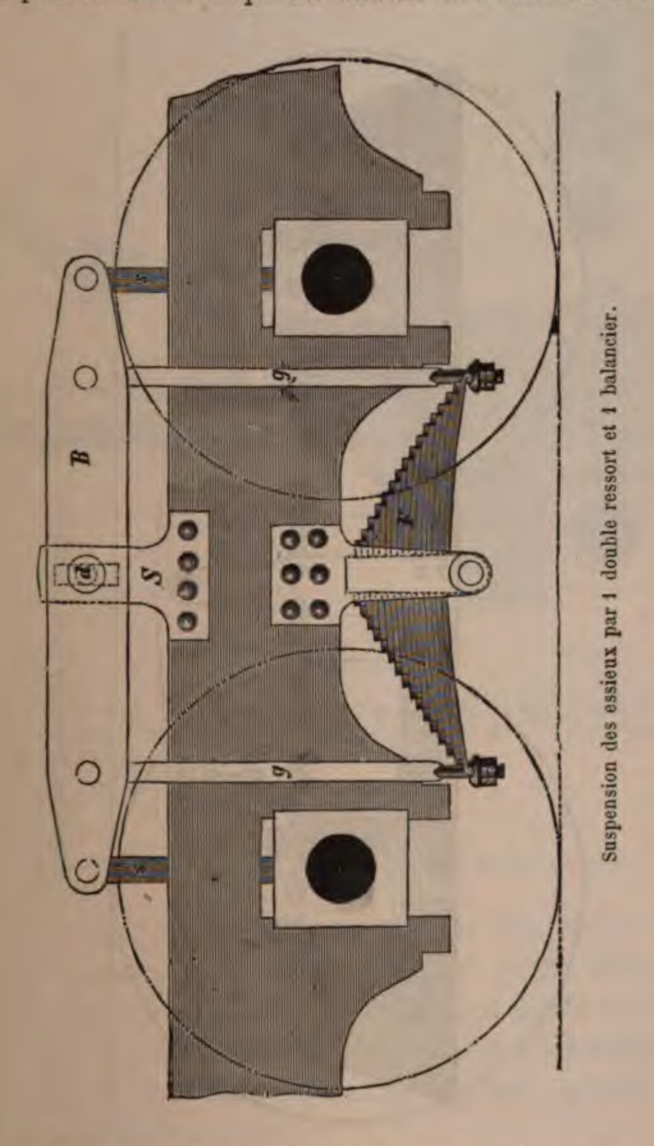
F, F' sont reliées entre elles par un balancier B, ayant son point de rota
tion en *d*, le choc contre une roue est transmis aux ressorts (voir figur
précédente) ou comme ci-dessous au ressort F, par les balanciers B, B'



Suspension des essieux par 1 ressort et 2 balanciers.

Au modèle à la page suivante, il n'y a qu'un ressort et qu'un balan
cier; ces deux pièces seront donc plus fortes que dans les spécimen

précédents. Le modèle (voir page 194) est applicable aux machines à très grandes roues ; elles n'offrent pas assez de place au-dessus des boîtes à graisse pour le balancier qui est attaché en contre-bas du châssis.

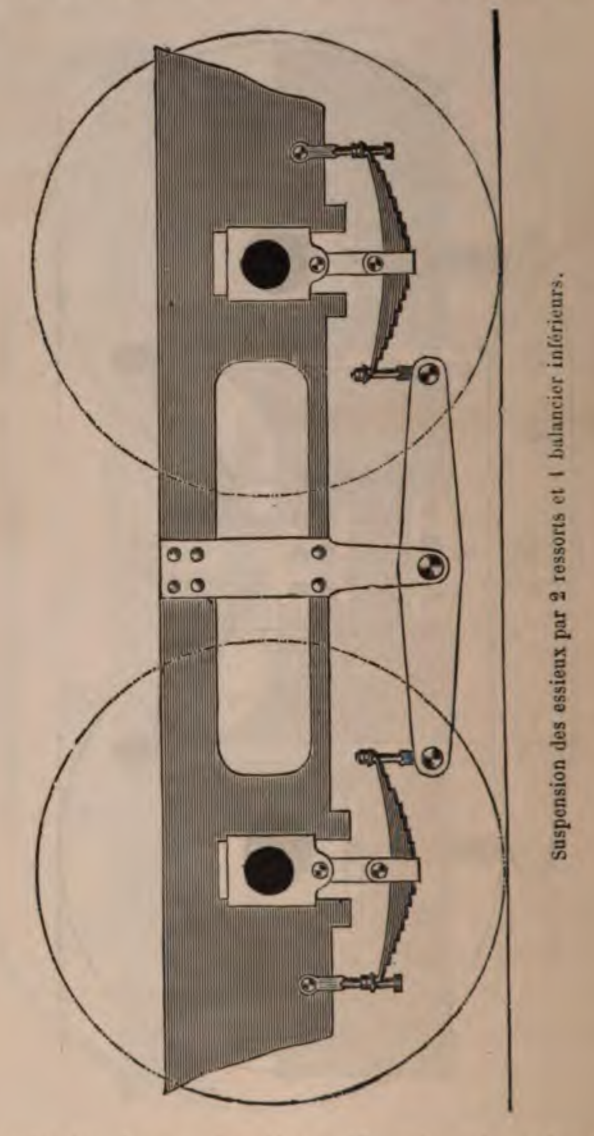


Suspension des essieux par 1 double ressort et 1 balancier.

Au lieu d'équilibrer la tension des ressorts de deux roues d'un même côté, on peut aussi relier les deux ressorts du même essieu par

un balancier placé sous la machine, ou encore leur donner un ressort commun transversal avec un balancier. (Voir figure page 195.)

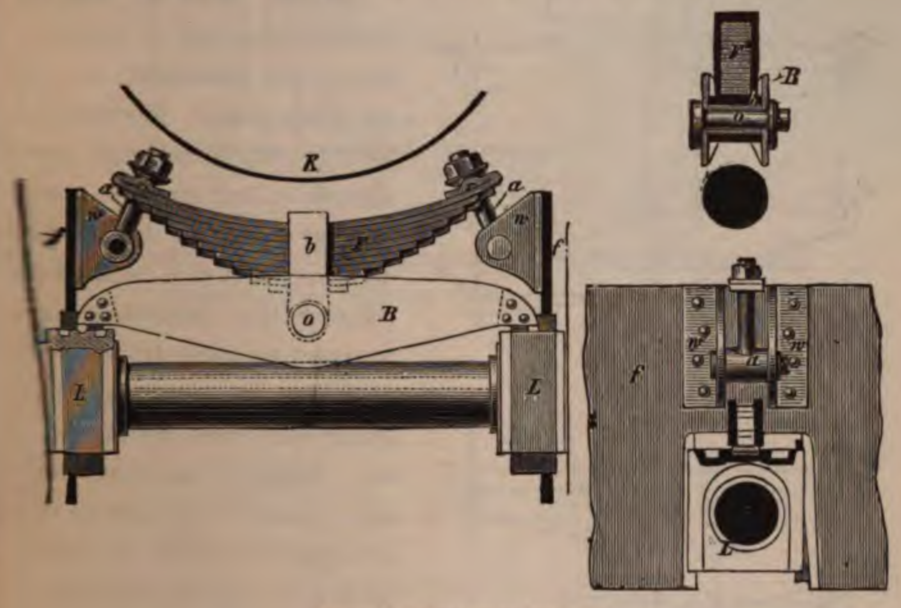
Si par un choc une roue avec sa boîte est soulevée, le ressort se



Suspension des essieux par 2 ressorts et 1 balancier inférieurs.

tendra, et cette tension se répartira uniformément sur les deux châssis par les tiges de suspension. Dans ce système, il faut veiller à c

que la distance entre la chaudière et le ressort ne soit pas trop petite, afin que, pendant les fortes oscillations de la machine, le ressort ne touche pas la chaudière, et ne donne pas lieu à des accidents.



Ressort et balancier transversaux.
1/20 de grandeur naturelle.

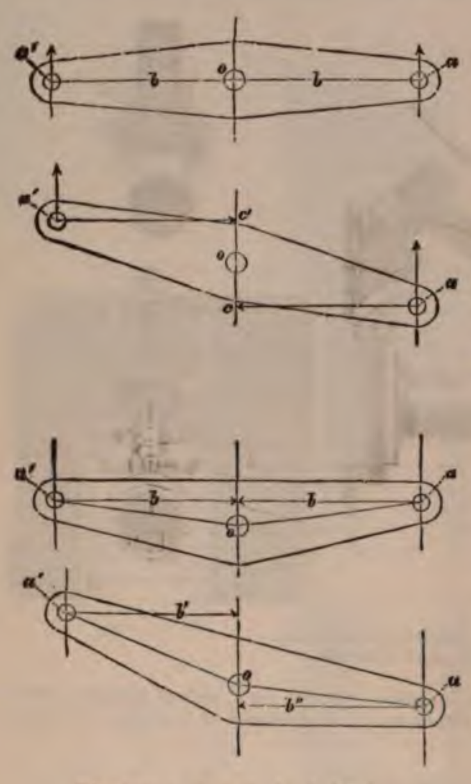
K, chaudière ; B, balancier s'appuyant sur les boîtes à graisse L ; F, ressort pressant par le boulon o sur le balancier ; w, équerres rivées contre le châssis f et destinées à l'attache des tiges de suspension a, a ; b, étrier.

§ 9. — DISPOSITION GÉNÉRALE DES SUSPENSIONS.

Les ressorts et balanciers sont réglés sur une bascule dont le nombre des plateaux est égal au nombre des points d'appui de la locomotive ; les écrous de la suspension sont serrés ou desserrés jusqu'à ce que le poids des fléaux corresponde à la répartition prévue sur ces points. Il est à désirer qu'on répète cette opération chaque fois qu'un ressort est changé.

Les efforts à supporter par la suspension dépendent de la relation entre les points d'attache des tiges et des balanciers, de la répartition

des points d'appui de la locomotive, ou plutôt de leur espacement, enfin de la position des cylindres, comme de la machinerie en général.

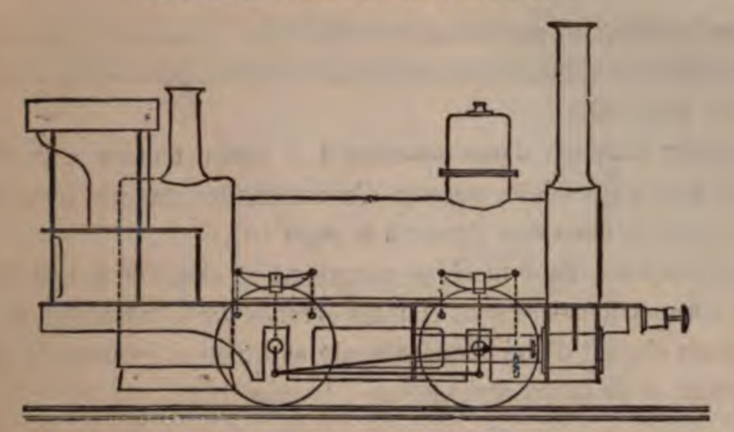


Disposition générale des balanciers.

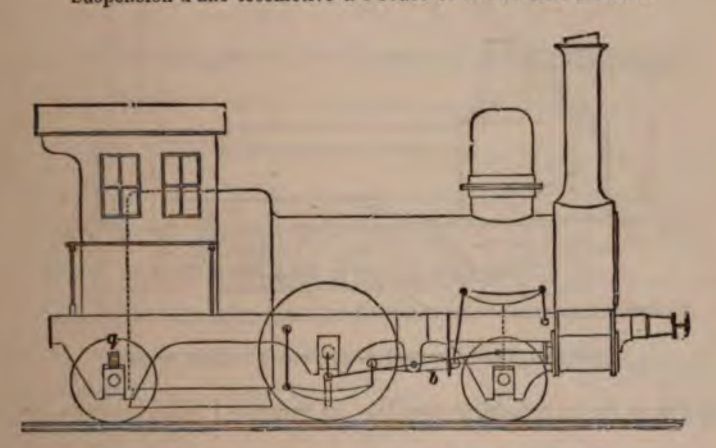
Relation entre les points d'attache des tiges de suspension et des balanciers. — Il est d'une grande importance pour le fonctionnement des ressorts et des balanciers que le point d'attache des tiges de suspension et le centre de rotation des balanciers se trouvent en ligne droite. S'il n'en est pas ainsi, la longueur des bras de leviers sur lesquels agissent ces tiges, change à la suite de la rotation. Cela résulte de l'inspection des figures ci-contre ; les deux premières représentent un balancier placé correctement ; et les deux autres, un balancier incorrect.

Dans les deux premiers dessins, les points *a'*, *o*, *a* sont en ligne droite, et les bras de leviers sont égaux. Dans les deux autres figures, les points *a'*, *o*, *a* ne sont pas en ligne droite ; il est vrai que les bras de levier *b* et *b* sont égaux, si le balancier reste horizontal ; mais s'il s'incline les bras de levier *b'* et *b"* deviennent inégaux, et la tension des ressorts est inégalement transmise.

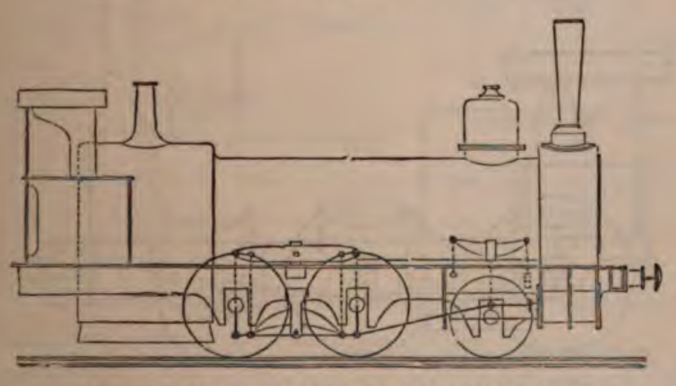
Répartition du poids de la locomotive. — Une locomotive à 2 essieux moteurs peut être soutenue sur 3 points : ou par 2 ressorts à l'essieu d'avant ou d'arrière et 1 ressort transversal à



Suspension d'une locomotive à 4 roues et à 2 essieux moteurs.



Suspension d'une machine à voyageurs à 1 essieu moteur.

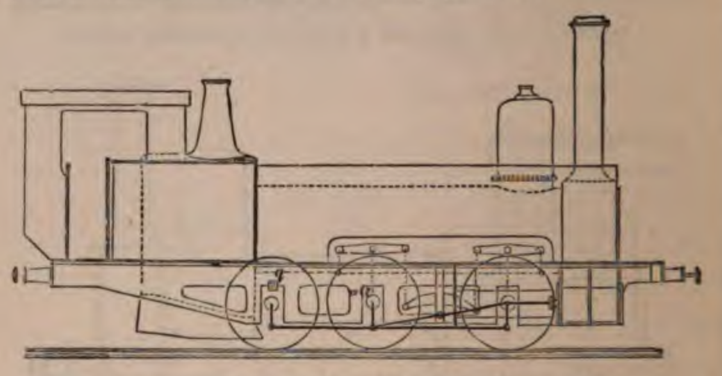


Suspension d'une machine mixte à 2 essieux moteurs.

l'autre essieu ; ou par 4 ressorts reliés par 1 balancier transver ou encore par 2 balanciers reliés par 1 ressort transversal (premi figure, page 197).

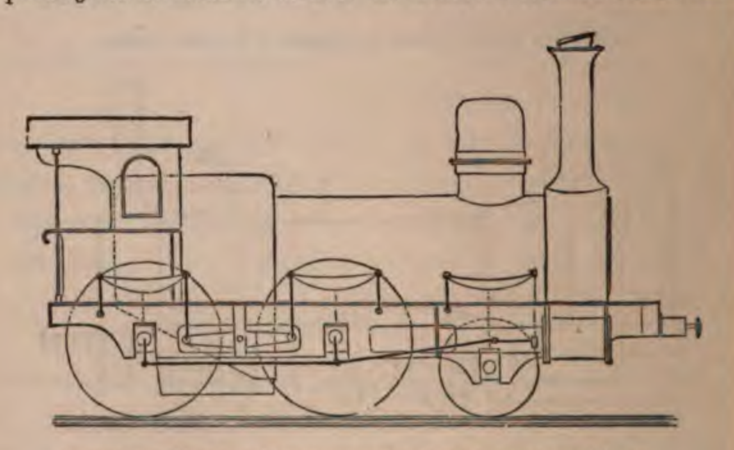
L'essieu d'arrière d'une machine à 1 essieu moteur a un res transversal *q* ; les deux essieux d'avant ont des ressorts avec bal ciers. (Voir la deuxième figure à la page 197.)

Les 3 essieux d'une machine mixte sont en avant de la boîte à f les 2 essieux d'arrière sont couplés et reliés par 1 balancier, afin les roues s'usent d'une manière égale et qu'elles gardent le mê diamètre. (Voir la troisième figure à la page 197.)



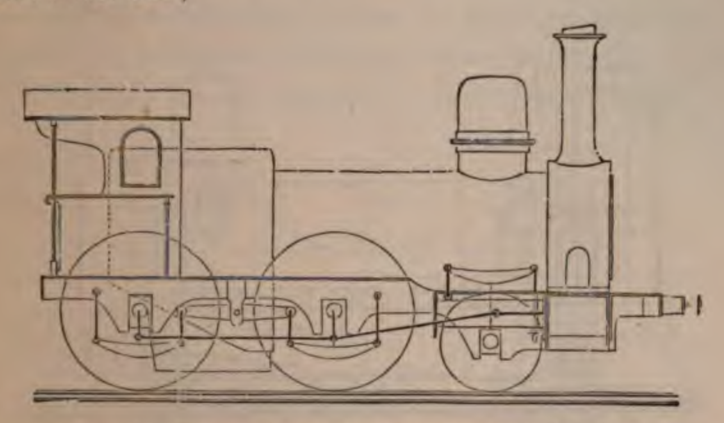
Suspension d'une locomotive-tender à 3 essieux couplés.

Au point *g* de la machine tender se trouve 1 ressort transversa



Suspension d'une machine à voyageurs avec ressorts supérieurs.

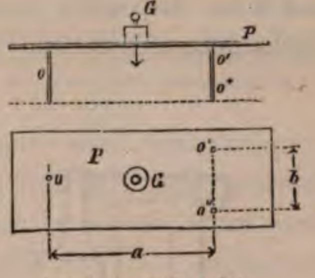
Dans ces deux derniers modèles de machines à voyageurs, l'essieu d'arrière est placé sous la boîte à feu. (Voir deuxième figure, page 198, et figure ci-dessous.)



Suspension d'une machine à voyageurs avec ressorts inférieurs.

Points d'appui d'une locomotive. — En considérant la suspension d'une locomotive sur 3 points, on se rappelle qu'un trépied est toujours en équilibre ; mais, pour que cet équilibre ne soit pas instable, faut-il encore que les 3 pieds soient convenablement placés.

Soit P une table chargée du poids G, et soutenue aux 3 points o, o', o'' ; il est clair que plus les appuis sont hauts et se rapprochent, plus la table est facile à renverser ; il est donc nécessaire que les distances a et b soient aussi grandes que possible.



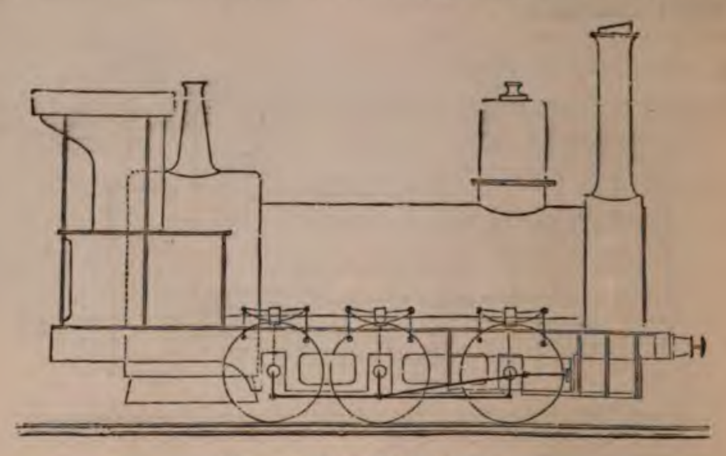
Appui sur trois points.

En appliquant ce qui vient d'être dit aux locomotives, on voit que la chaudière, qui était le poids P, doit se trouver aussi bas que possible.

La locomotive a autant de points d'appui sur les rails qu'elle a de roues ; mais il ne s'agit pas ici de transmettre le poids de la chaudière et du châssis au moyen des roues sur les rails, mais seulement au moyen des ressorts et des balanciers sur les roues.

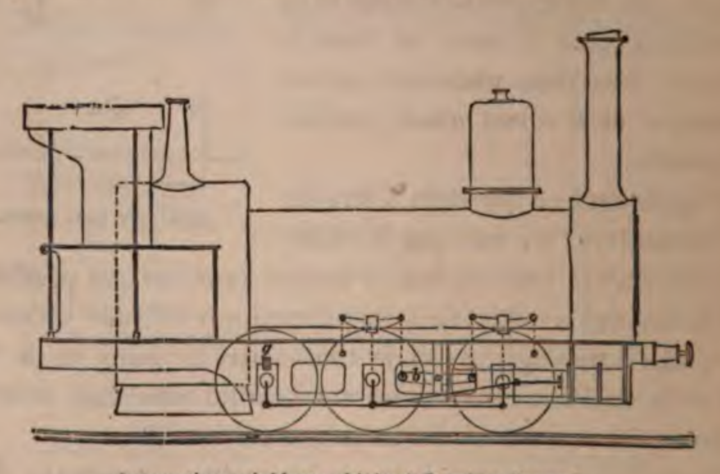
La figure suivante représente une locomotive à 3 essieux ; chaque

coussinet a 1 ressort; il y a donc 6 points d'appui. Si on relie les ressorts des essieux d'avant (seconde figure) par un balancier *b*, les



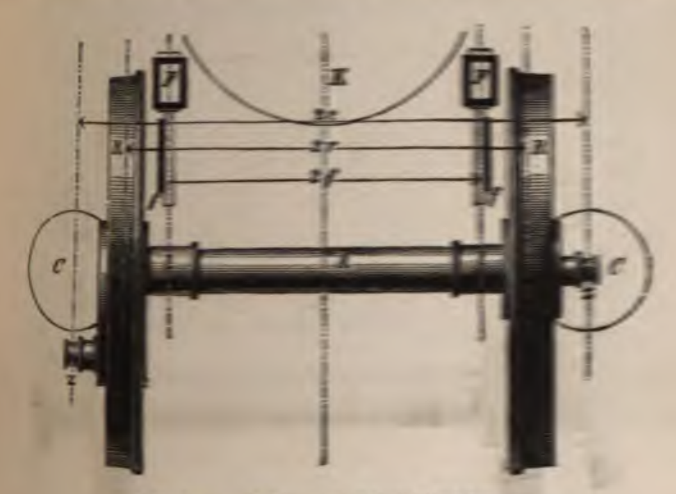
Locomotive à 6 points d'appui.

points d'appui sont réduits à 4 : 2 à l'avant et 2 à l'arrière. En remplaçant les deux ressorts d'arrière par un ressort transversal *q*, on obtient les trois points d'appui, savoir : les deux points de rotation des balanciers, et le point de rotation du ressort transversal. Ce serait là une suspension parfaite, si elle permettait le chargement et le déchargement simultanés des roues d'un même côté.



Locomotive précédente réduite à 3 points d'appui.

Divers systèmes de suspension d'après les cylindres. — Dans le premier système, l'effet du choc des rails transmis aux ressorts augmente dans le rapport $r : f$, et le déchargement des ressorts par la pression des crosses de piston contre les glissières augmente dans le rapport $c : f$. La masse des contrepoids augmente dans le rapport de $c : r$. Comme r est une constante, il faut, pour diminuer l'effet du



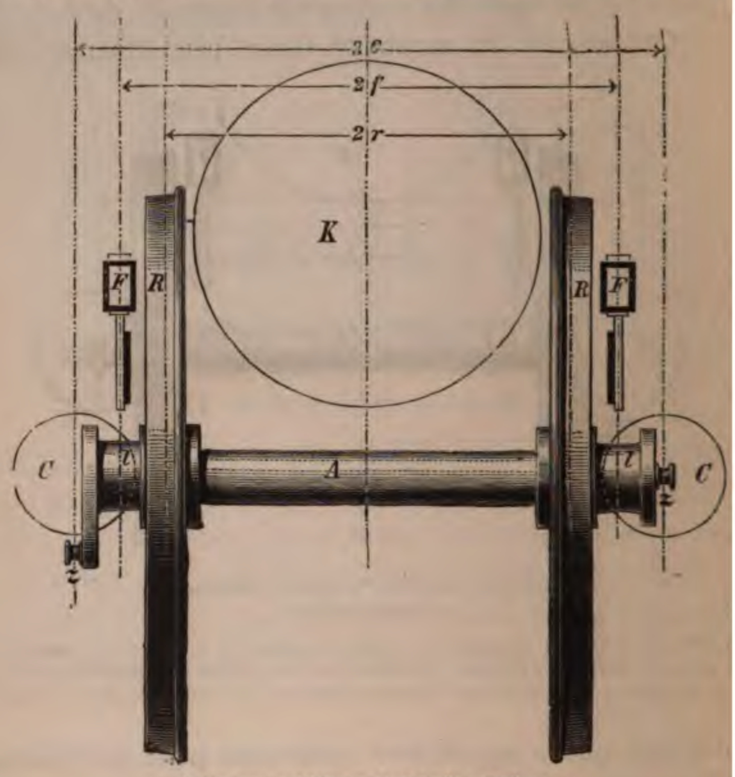
Cylindres extérieurs et châssis intérieur.
Premier système.

K, chaudière ; R, roues ; C, cylindres ; z, centre du cylindre ; f, châssis ; l, fusée ; 2z, distance entre les axes des cylindres coïncidant avec les centres des manivelles ; 2r, espacement des roues ; F, ressorts dont le centre coïncide avec l'axe de la boîte à graisse.

choc des rails, que le rapport de $r : f$ devienne petit, par conséquent que f devienne grand ; c'est-à-dire : il faut espacer les ressorts autant que possible. Pour diminuer le déchargement des essieux, il faut que le rapport $c : f$ devienne petit ; donc c doit diminuer et f augmenter, c'est-à-dire : il faut rapprocher les cylindres et écarter les ressorts.

Dans le deuxième système, f est plus grand que r ; donc le rapport de $r : f$ est plus petit. Les chocs sur les ressorts sont plus faibles que sur les roues. L'espacement des cylindres a augmenté — comparativement au dessin précédent — plus que l'espacement des ressorts f. Le rapport $c : f$ et le déchargement des ressorts y sont aussi moindres. Le rapport de $c : r$ a augmenté ; il faut donc que les contre-

poids soient plus lourds que dans le cas où les ressorts sont i rieurs. Ce système permet d'avoir des ressorts légers, d'élarg boîte à feu, d'augmenter le diamètre de la chaudière, laquelle être placée très bas ; enfin, de faire coïncider le centre des tam

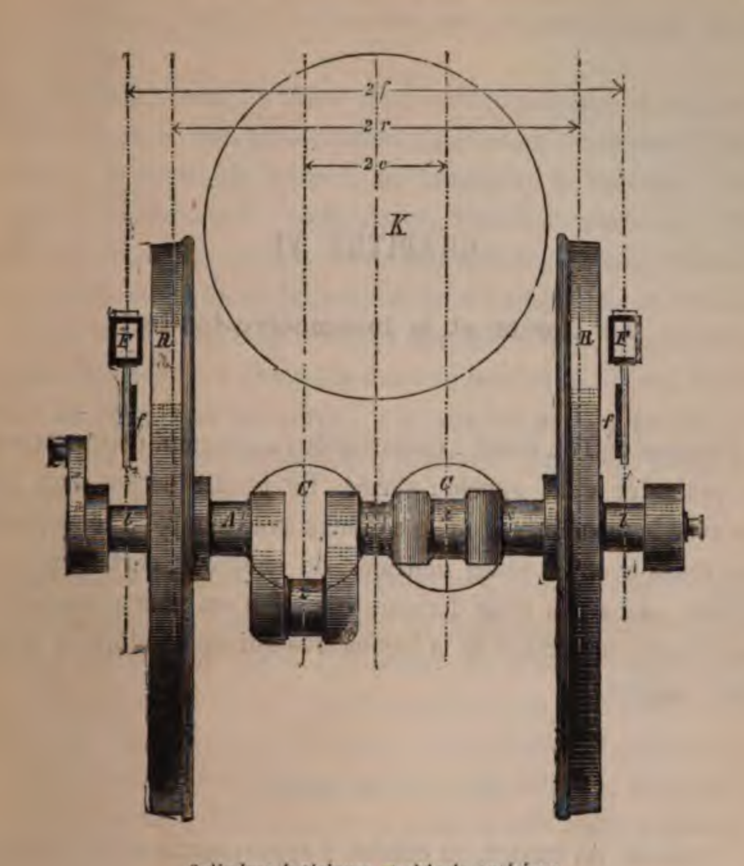


Cylindres extérieurs et châssis extérieur.
Deuxième système.

Même légende que pour la figure précédente.

avec le milieu des longerons ; par contre, les manivelles sont ciles à attacher aux essieux et n'offrent pas toute la solidité vo puis le grand espacement des cylindres exige des contre énormes.

Dans le troisième système, les ressorts avec leur grand e ment peuvent être légers ; les déchargements des essieux sont in fiants à cause du rapprochement des cylindres. (Voir la page suiv



Cylindres intérieurs et châssis extérieur.
Troisième système.
Même légende que pour la figure de la page 201.

Remarque. — Les termes techniques dont nous nous servons ne sont pas toujours usités dans les chemins de fer français ; mais l'intelligent lecteur se sera déjà aperçu que ce livre n'est pas écrit uniquement pour nos propres lignes et qu'il s'adresse aussi à d'autres pays. Il voudra bien nous excuser de répéter cette observation.

CHAPITRE VI

Le tender et la locomotive-tender.

A l'époque où l'on disait : embarcadère de chemin de fer au lieu de gare, le tender était appelé : allège. Le tender est ou seul, ou fait corps avec la locomotive, ou se combine avec elle par l'accouplement de ses roues avec les roues motrices, ou encore il sert d'appui à la chaudière ; dans ces trois derniers cas, il n'est plus considéré que comme partie intégrante de la locomotive qui prend alors le nom de machine-tender.

§ 1. — LE TENDER.

La grandeur du tender, ou chariot d'approvisionnement, — ancien terme, — est commandée par l'espacement des dépôts de charbon et d'eau sur la ligne, par la force de la machine, ainsi que par le climat et le nivellement ; dans les pays chauds et dans les plaines, la consommation de combustible et d'eau n'est pas aussi considérable que dans les pays froids et dans les montagnes. — Pour fixer les idées par des chiffres, on peut admettre, comme capacité moyenne, 9 mètres cubes d'eau et 5 tonnes de houille.

Outre ces provisions, il doit se trouver sur le tender les outils nécessaires pour remédier, en route, aux avaries qui peuvent arriver à la machine et aux wagons. Le nombre de ces outils et des appareils de secours n'est plus exagéré comme à l'origine, où l'on emportait des pompes à incendie, des brancards pour les blessés, des

instruments de chirurgie, même des pioches pour déblayer le champ des victimes.

Les objets réellement utiles sont : trois lanternes de locomotives, deux lanternes à main pour éclairer l'indicateur du niveau d'eau, des mèches, des verres de lampes, des ustensiles à feu. Puis viennent les outils de serrurerie : clefs, limes, tenailles, marteaux, ciseaux, crics, leviers en fer, coins, clavettes, écrous, chaînes, cordes. Les petits objets sont placés dans des coffres fermés à clé et attachés au tender en arrière. La liste de toutes ces pièces, dont le mécanicien est responsable, doit être enfermée dans un tube en fer-blanc, comme la feuille de route des militaires ; leur nombre et leur qualité varient sur tous les chemins de fer, ce qui prouve qu'on n'est pas encore d'accord sur ce point.

Construction du tender. — Le réservoir d'eau a la forme d'un fer à cheval qui entoure l'espace destiné au charbon ; la hauteur du tender doit être limitée, afin que le mécanicien ne soit pas empêché de voir son train. Quelquefois ce réservoir s'étend en contre-bas entre les essieux ; il devient ainsi plus vaste, et le centre de gravité se trouvant surbaissé, le tender acquiert plus de stabilité ; mais les injecteurs fonctionnent difficilement et toute la construction devient très dispendieuse.

Le niveau de l'eau dans le tender est indiqué par un flotteur ou par des robinets.

Le châssis est composé — comme dans les locomotives — de deux longerons en tôle ; il est muni d'appareils de traction pour lesquels on peut s'en référer à la description de la machine, comme pour ce qui concerne le mode de suspension.

Dans les courbes, la plate-forme du tender fait, avec celle de la locomotive, un angle dans lequel le pied du personnel pourrait être écrasé ; cet intervalle est alors couvert par une plaque en tôle ou tablier. (Voir les dessins du tender à la fin de ce livre.)

§ 2. — LA LOCOMOTIVE-TENDER.

Le tender n'augmente pas beaucoup la charge des trains de plai[ne] qui sont généralement assez longs; mais, s'il s'agit de franchir [de] fortes pentes, le tender commence à compter; on emploie alors d[es] locomotives portant sur elles leurs provisions d'eau et de combu[s]tible, et qu'on appelle des machines-tenders.

Les créateurs de cette machine ont fait ressortir son avantage q[ui] consiste à augmenter l'adhérence des roues par le surcroît du poi[ds] de l'approvisionnement, et les contradicteurs ont objecté que l'eau et la houille sont consommées en route, pendant que la charge à remorquer reste la même. Mais ce à quoi n'ont songé dans le principe ni créateurs ni contradicteurs, c'est d'accoupler les roues du tender avec celles de la machine pour en faire des roues motrices; car plus il y a de roues qui travaillent, plus la machine montre sa puissance. On a donc proposé et même exécuté, il y a déjà une vingtaine d'années, des locomotives monstres jusqu'à douze roues. Eugène Flachat a imaginé le superlatif de la machine-tender; c'est sa machine-convoi. Toutes les roues du train doivent servir à l'adhérence; à cet effet, chaque wagon est muni d'une machinerie, et la chaudière envoie par des tuyaux flexibles la vapeur dans les cylindres. C'est avec cette gigantesque chenille aux mille pattes que l'illustre ingénieur aurait gravi le mont Saint-Gothard, si le percement d'un tunnel n'avait pas été préféré.

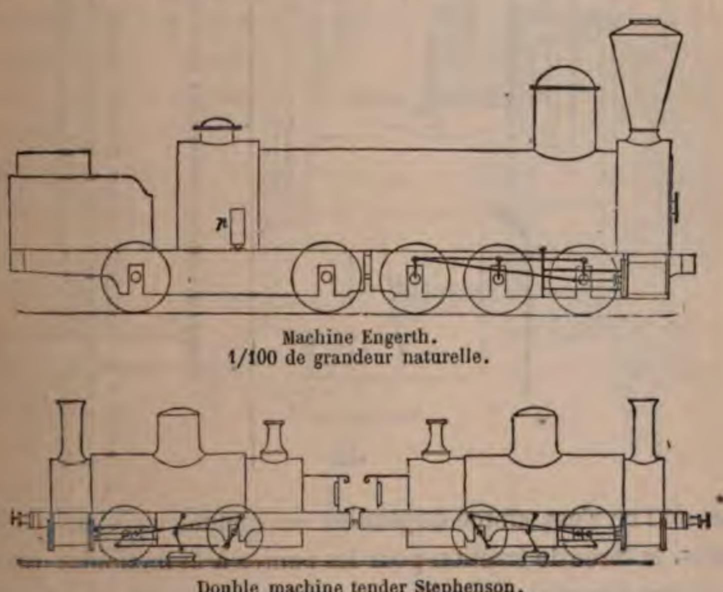
Construction de la machine-tender. — Cette machine a des tampons des deux côtés, car elle doit marcher cheminée en avant ou cheminée en arrière. — Le placement des provisions n'est pas soumis à une règle fixe. Le réservoir d'eau se trouve tantôt le long de la chaudière, tantôt en dessous, entre les essieux; quelquefois il est placé à cheval sur la chaudière, comme une selle.

La provision d'eau et de charbon est très restreinte sur les locomotives-tenders qui sont utilisées avec profit seulement sur les

sections où ces provisions sont faciles à renouveler, dans les gares surtout. Comme on arrête ces machines plus vite que les tenders séparés, les manœuvres des trains peuvent dès lors être exécutées plus promptement et plus sûrement.

Avec cet engin, on a cherché à résoudre le problème qui au premier abord paraît insoluble : la combinaison de l'adhérence avec la flexibilité.

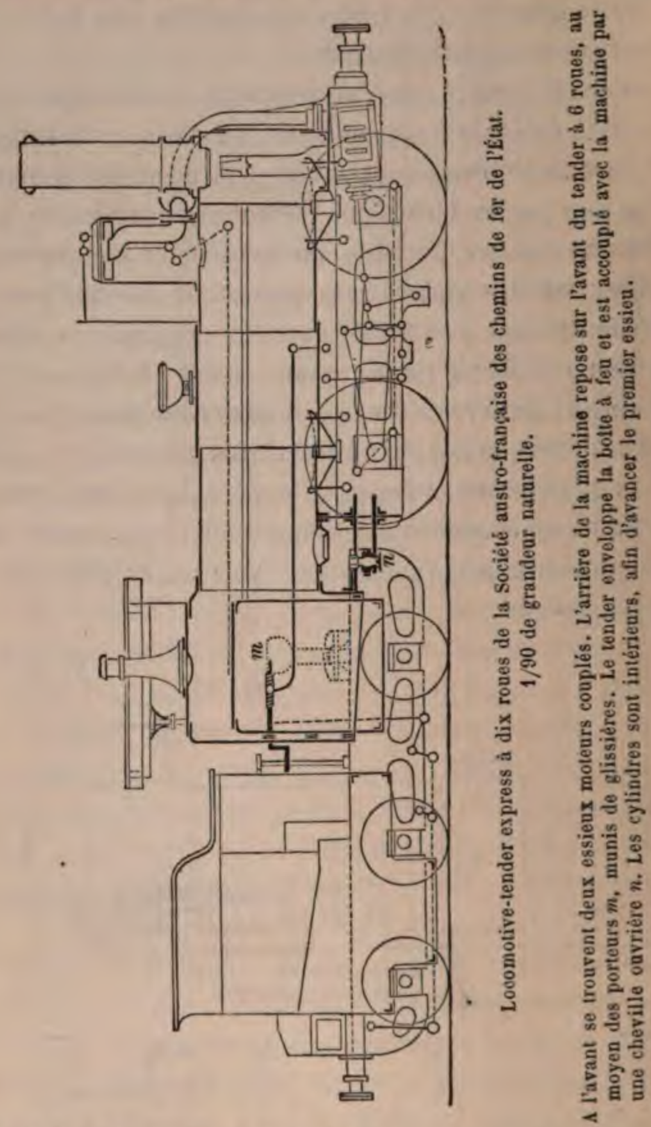
L'adhérence ne s'obtient que par l'accouplement, et l'accouplement ne s'obtient que par des bielles qui, n'étant pas flexibles, ne peuvent pas se plier aux courbes. En désespoir de cause, on a eu recours à des roues dentées ou à des chaînes de connexion, et on est allé au-devant de déceptions faciles à prévoir. Chaînes et engrenages ne valent rien dans un chemin de fer ; le simple raisonnement l'indique, et il n'était pas nécessaire de se livrer à des expériences coûteuses, dont le résultat ne pouvait être que négatif ; il n'était pas utile non plus de décerner des prix de concours et des prix de mécanique, des croix, enfin toutes sortes de récompenses à des choses qui ne pouvaient avoir aucune valeur sérieuse dans l'application. (Voir pages 209 et 210 pour les figures ci-dessous.)



Machine Engerth.
1/100 de grandeur naturelle.

Double machine tender Stephenson.
1/125 de grandeur naturelle.

Spécimens de locomotives-tenders. — Nous allons examiner maintenant sur les dessins quelques-unes des plus renommées machines-

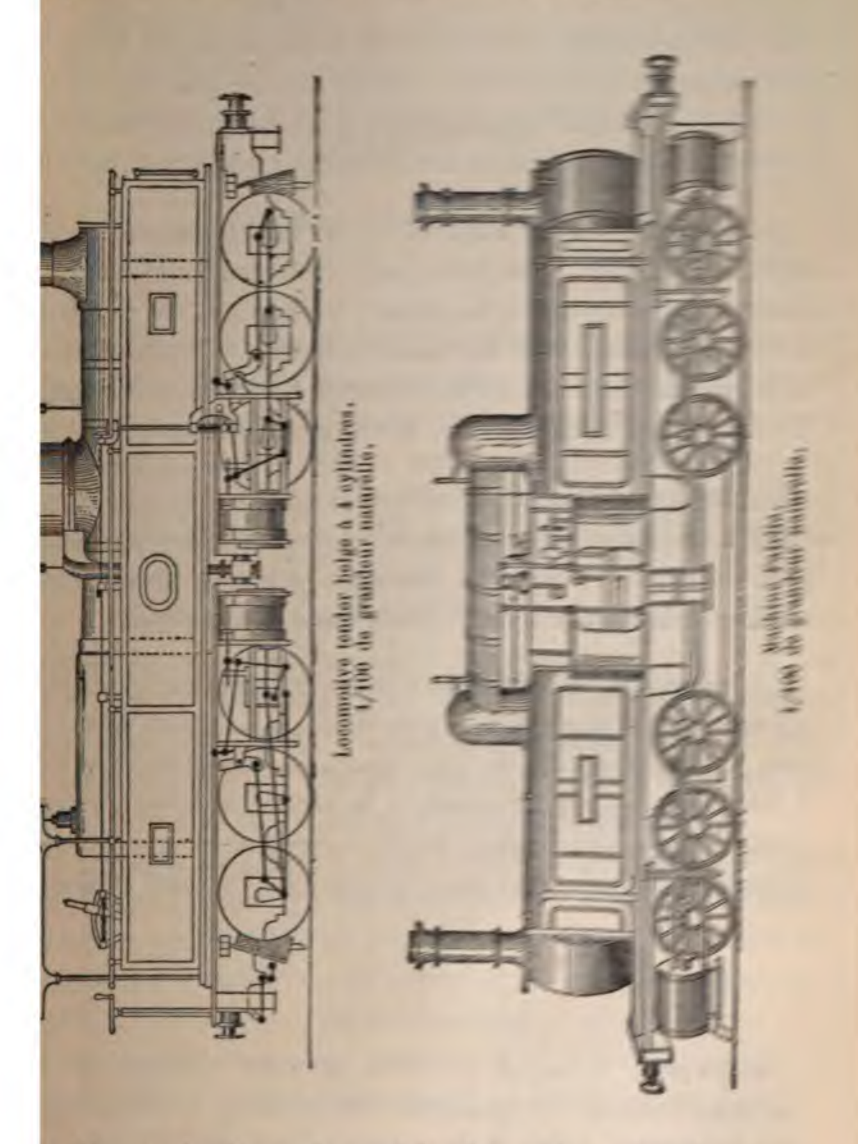


Locomotive-tender express à dix roues de la Société austro-française des chemins de fer de l'État. 1/90 de grandeur naturelle.

A l'avant se trouvent deux essieux moteurs couplés. L'arrière de la machine repose sur l'avant du tender à 6 roues, au moyen des porteurs *m*, munis de glissières. Le tender enveloppe la boîte à feu et est accouplé avec la machine par une cheville ouvrière *n*. Les cylindres sont intérieurs, afin d'avancer le premier essieu.

tenders où l'on s'est efforcé de joindre — comme on vient de l'a noncer — la force de traction pour les pentes à la flexibilité pour l courbes. Par d'ingénieux artifices, on est arrivé tout de même av

elles et des faux essieux à des résultats assez satisfaisants, au-
u point de vue de la théorie. (Retourner à la page [illegible].)



Locomotive tender belge à 4 cylindres, 1/100 de grandeur naturelle.

Machine Fairlie, 1/100 de grandeur naturelle.

nachine-tender Engerth possède cinq essieux dont les trois
couplés sont assez rapprochés pour passer dans les courbes.
ler ne sert que pour aider à porter la chaudière. A cet effet,

la boîte a deux appuis p qui, au moyen de leurs pivots sphériques, tournent dans des paliers en fonte. (Voir la première fig. à la p. 207.)

La double machine Stephenson est formée de deux machines-tenders couplées à deux essieux et reliées par une cheville ouvrière; on y voit le frein Laignel qui s'appuie sur les rails pour transformer le mouvement de roulement en mouvement de glissement. (2me f. p. 207.)

La locomotive tender express de la Société austro-française des chemins de fer de l'État (voir page 208) a été construite d'après le système Engerth précité. Le premier essieu a pu être avancé jusqu'à la dernière limite ; cette disposition contribue à la marche tranquille de la machine et évite les mouvements perturbateurs, comme nous le verrons dans le chapitre xv, travail de la locomotive.

La locomotive-tender belge à quatre cylindres a une longueur de 11m,50. La chaudière, entourée du réservoir d'eau et de charbon, est portée sur deux trucks dont chacun possède six roues couplées et deux cylindres. (Voir la première figure à la page 209.)

La locomotive-tender Fairlie (voir la seconde figure, à la page 209) est encore plus longue que la précédente; elle mesure près de 13 mètres. Elle est composée de deux machines juxtaposées par les boîtes à feu. Il ne serait pas prudent de la confier à un seul mécanicien, comme l'ingénieur anglais Fairlie le propose pour compenser par cette économie l'énorme prix d'acquisition d'un pareil édifice.

Remarque. — Les locomotives précitées n'offrent pas l'unique moyen de tranchir les montagnes. Bien d'autres combinaisons ont été imaginées dans ce but. Nous sommes forcé, pour éviter un double emploi, de renvoyer à notre livre « les *Machines*, tome second : Systèmes de traction sur les chemins de fer ».

CHAPITRE VII

Le graissage.

Comme moyen de lubrifaction, on n'emploie presque plus que l'huile, mais le terme de graissage est resté. Si cette opération est négligée, on va au-devant de terribles accidents, sans compter l'arrêt des trains en pleine voie. Citons comme exemple une fusée qui, mal graissée, chauffe, grippe, allume l'huile et occasionne un incendie. Si le chauffage est remarqué à temps, on peut éviter ces sortes de désastres par le graissage sur place.

Il y a des pièces qui ne travaillent pas constamment, telles que régulateur, changement de marche, robinets, freins, etc. Il ne faut pas négliger de les graisser, pour que la conduite de la machine ne devienne pas trop difficile. Du reste, le mécanicien est averti par le bruit extraordinaire que font les mécanismes qui ne sont pas suffisamment graissés. Ces accidents d'ailleurs sont assez rares.

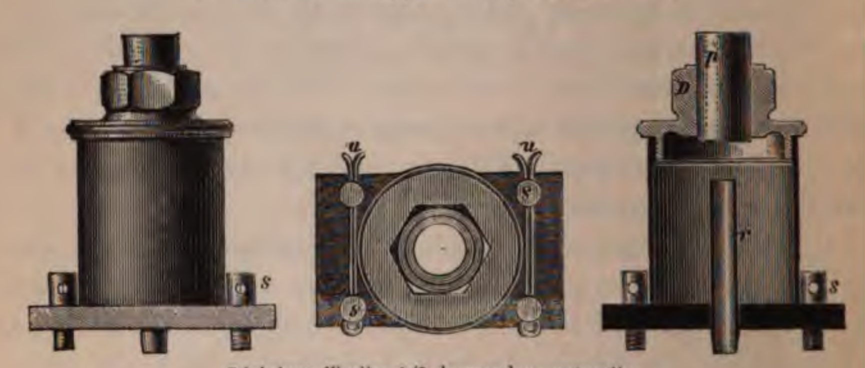
Sur beaucoup de lignes, il existe encore des graisseurs ambulants ou graisseurs de route, qui font la route avec le train ; ils descendent aux stations pour faire sonner les roues et visiter les boîtes à graisse. On est assuré de les trouver à leur poste ; ce qui vaut mieux que de compter sur les hommes d'équipe des gares.

§ 1. — LES RÉSERVOIRS OU GODETS D'HUILE.

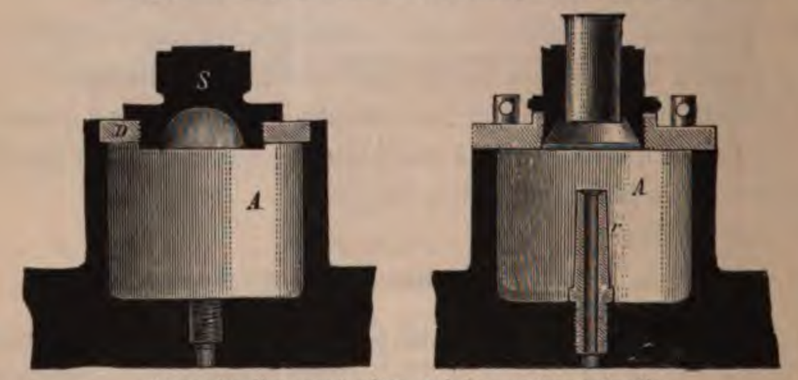
Ces réservoirs sont très nombreux ; en voici quelques spécimens. La manière de les remplir et d'en assurer le fonctionnement est la même pour tous.



Récipient d'huile. 1/2 de grandeur naturelle.
A, réservoir en laiton ; *p*, bouchon ; *r*, raccord à vis.

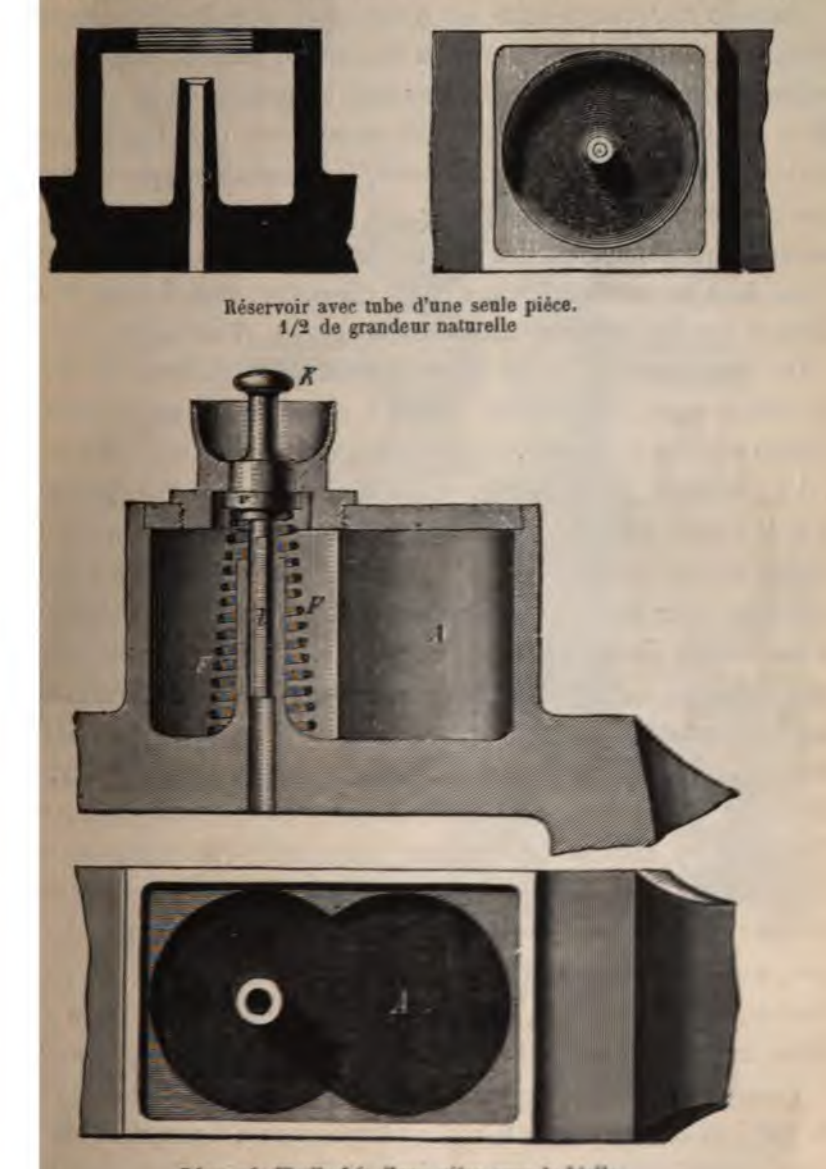


Récipient d'huile. 1/2 de grandeur naturelle.
r, tube de la mèche ; *p*, bouchon *s*, vis d'attache de l'appareil ; *nn*, goupillons empêchant les vis de se détacher ; D, couvercle du bouchon.



Réservoirs d'une seule pièce. 1/2 de grandeur naturelle.
A, récipient ; *r*, tube de la mèche ; S, vis du couvercle D, remplaçant le bouchon.

tube est venu de fonte avec le réservoir ci-dessous, qui a, comme écédents, l'inconvénient de laisser couler l'huile sur l'essieu, —



Réservoir avec tube d'une seule pièce.
1/2 de grandeur naturelle

Réservoir d'huile fait d'une pièce avec la bielle.
1/2 de grandeur naturelle.

ipient d'huile ; K, couvercle ; v, soupape pressée par les ressorts FF ; t, bande de fer striée sur laquelle coule l'huile.

que la machine marche ou ne marche pas ; dans ce dernier cas, l'huile tombe par terre.

Dans le réservoir d'huile fait d'une pièce avec la bielle, l'huile du récipient A est projetée contre la soupape *v*, puis coule le long de la surface striée sur le tourillon pendant la marche de la locomotive. Si la machine est en repos, l'huile cesse de couler. On voit immédiatement le défaut de cet appareil, qui néanmoins passe pour un des meilleurs. Il ne peut fonctionner que si les pièces à lubrifier se meuvent rapidement, telles que les bielles ; il ne rend guère de services dans les boîtes à étoupes et les glissières ; puis il cesse de fonctionner pendant le rangement dans les gares. (Voir figure page 213.)

On reproche aussi à cet appareil de ne pas permettre de mesurer de prime abord la quantité d'huile à consommer ; on ne peut s'en rendre compte qu'après quelques voyages.

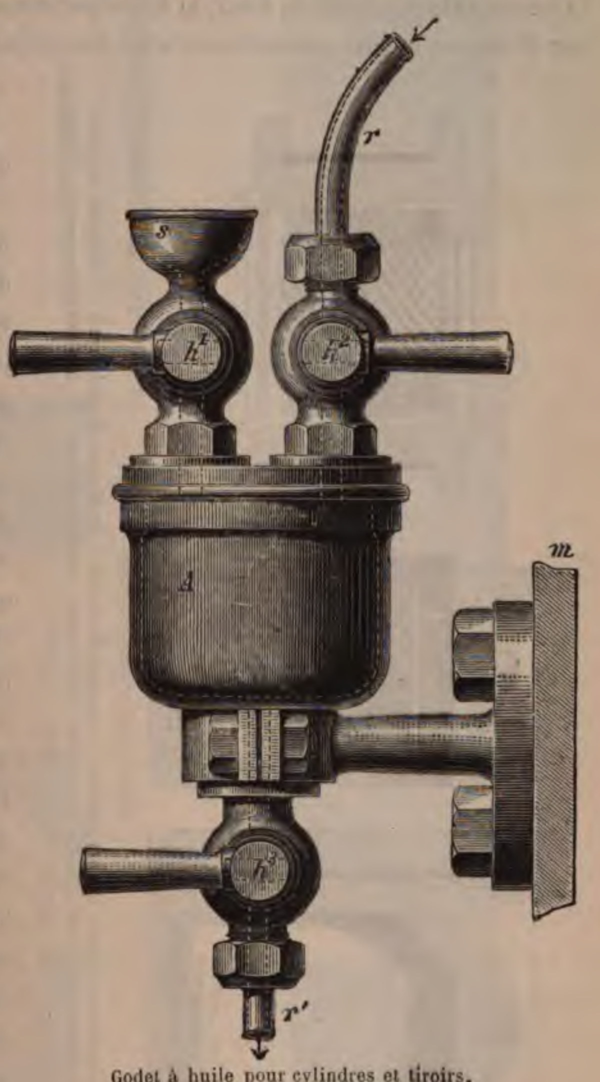
Le graissage des cylindres et des tiroirs a lieu par des godets qui y sont vissés. Au récipient est adjoint un tube en cuivre qui conduit l'huile sur les surfaces frottantes. Mais dès qu'on ouvre les robinets purgeurs pour laisser écouler l'eau de condensation, il s'écoule en même temps l'huile qui est alors perdue. En outre, c'est toujours une opération dangereuse que de courir sur le rebord d'une machine lancée à grande vitesse pour verser de l'huile ; aussi le mécanicien n'aime pas commander cette manœuvre à son chauffeur. Il faut donc de toute nécessité régler automatiquement la consommation de l'huile, et on dispose de beaucoup d'appareils qui remplissent plus ou moins ces deux conditions. La plupart ont ou des tubes étroits qui s'obstruent facilement, ou des soupapes dont les ressorts ne marchent pas ; aussi le personnel n'est guère porté à s'en occuper. On revient donc au graissage direct, mais sous la réserve de régler, de la plate-forme même, la distribution de l'huile. (S'en référer à la p. suivante.)

Voici un spécimen de ces godets graisseurs ; il est boulonné contre la paroi *m* de la boîte à feu. Le remplissage a lieu quand les robinets h^2 et h^3 sont fermés ; le robinet h' est resté ouvert, mais il doit être fermé quand le remplissage est terminé. Si le graissage doit avoir lieu sans vapeur, le mécanicien ouvre les robinets h^3 et h' ; si la

machine marche avec vapeur, le robinet h' reste fermé, le robinet h^3 est ouvert, puis celui h^2. La vapeur presse sur l'huile qu'elle pousse dans le tube r'. La quantité d'huile est réglée par l'ouverture plus ou moins grande du robinet h^3.

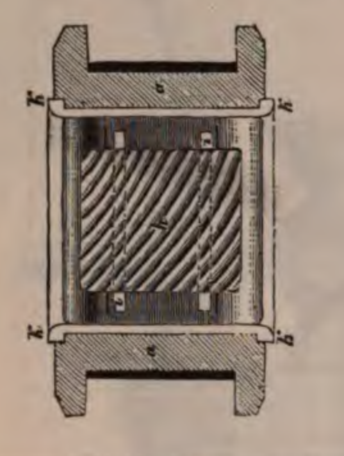
§ 2. — LES BOITES A GRAISSE.

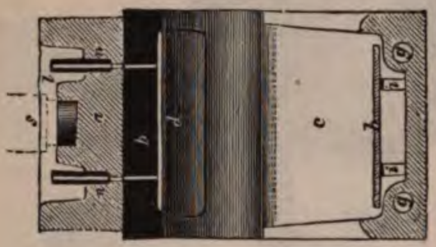
Une boîte à graisse, ou plutôt à huile ou à mélange d'huile et de graisse, se compose de la boîte surmontée du réservoir d'huile et du coussinet sur lequel roule la fusée. La boîte est en fer forgé, en acier ou en fonte. Le coussinet, ou palier, ou support de fusée, est en bronze avec garniture ou doublage de métal antifriction ou composition. Si la fusée chauffe, la composition peut fondre ; la fusée porte alors sur le corps du coussinet. On reproche aussi au métal antifriction d'être ou trop

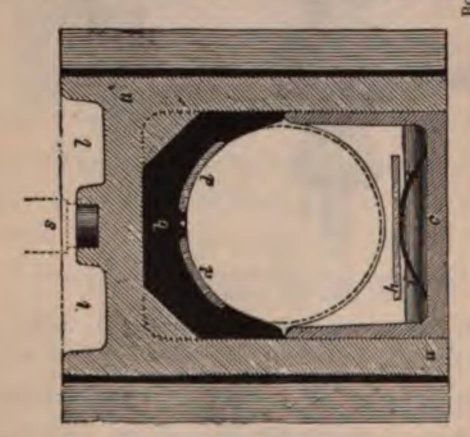


Godet à huile pour cylindres et tiroirs.
1/3 de grandeur naturelle.
A, récipient de l'huile ; s, vase pour l'introduction de l'huile ; r, tube de vapeur ; r', tube conducteur de l'huile.

dur et de se casser, ou trop mou et de boucher les conduits de l'huile. On emploie alors des coquilles en bronze et on y coule de la composition; si celle-ci fond, la fusée porte sur le bronze et non pas sur le fer, et le grippement peut ainsi être évité.



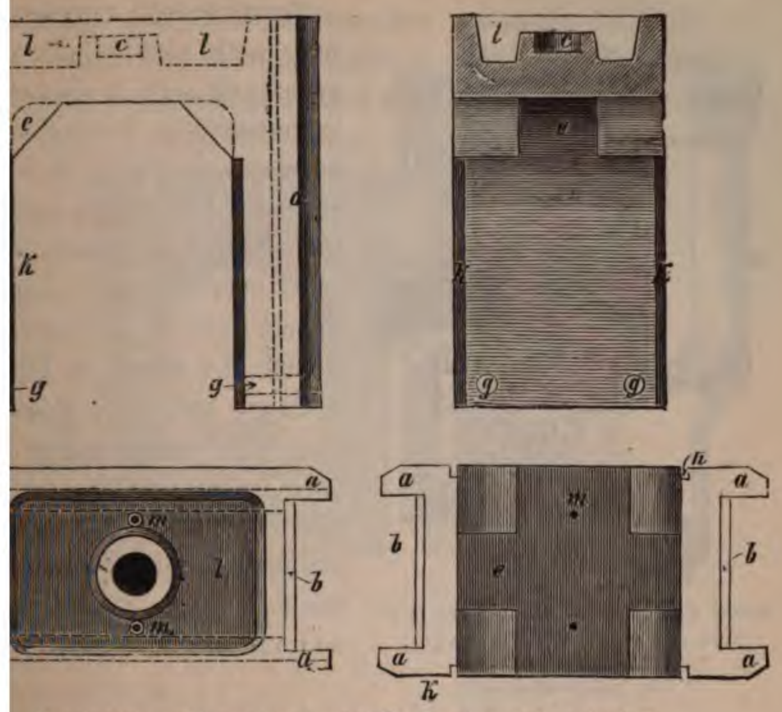




Boîte à graisse sans sa fusée.

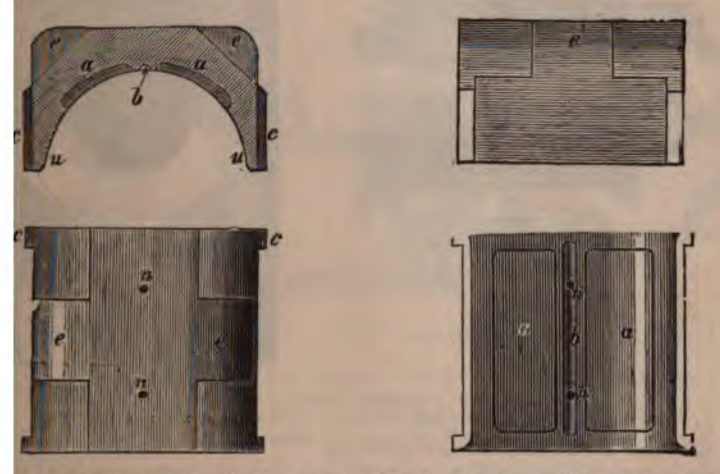
aa, coussinet; *b*, coquille en bronze; *d*, composition; *c*, support du ressort *i* du plateau de graissage *h*; *l*, récipient de graissage; *n*, *n*, tubes en cuivre conduisant l'huile sur la fusée; *m*, *m* (plan), trous de graissage; *g*, boulons du support *c*; *s*, tige du ressort de suspension. Même légende pour les figures suivantes.

Modèle de boîte à graisse sans sa fusée. — Dans la vue, au milieu *n,n* sont les trous d'huile. Les rebords *c* se posent contre les joues des plaques de garde. Le mouvement latéral est empêché par les bandes *ee*, posées dans les entailles du coussinet. La surface qui couvre la fusée est élargie vers *uu* pour faciliter l'écoulement de l'huile. La rainure *b* ne se trouve que dans le bronze *a*, *a*. Si le matelas de graissage refusait son service, la fusée, ainsi que le coussinet, s'échauf-ferait au point de faire fondre le mélange d'huile et de suif qui alors descendrait sur la fusée, laquelle serait graissée de haut en bas, au lieu de bas en haut.



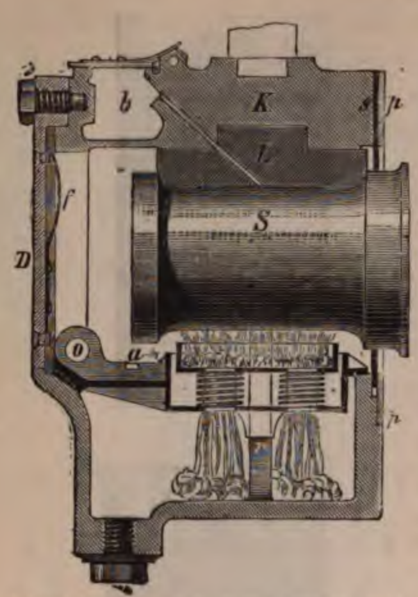
Vue de côté, profil, vue d'en haut et d'en bas de la boite précédente.

Même égende que pour la figure précédente.

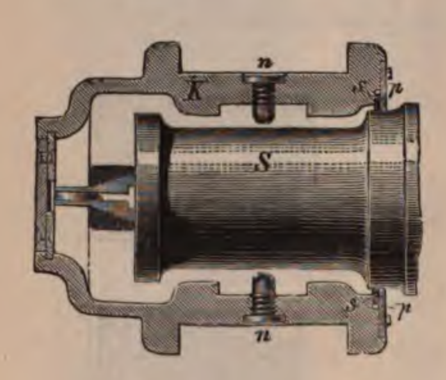


ue de côté, profil, vue d'en haut et vue d'en bas de la coquille du coussinet de la boîte à graisse précédente.

Modèle de boîte à graisse avec sa fusée. — On visite la boîte à graisse après avoir sorti la vis *i* et enlevé le couvercle D. Il en est de même du réservoir d'huile, qu'on remet en place après l'avoir nettoyé. Le trou *o* dans le manche *a* facilite cette opération, pour laquelle on se sert d'un fil de fer si la boîte a chauffé. Le résidu de l'huile s'écoule par le trou de vidange, dès que l'écrou est tourné. Pour remonter la boîte et la retirer de la fusée, on n'a qu'à enlever le disque *s* et le plateau *p*, ce qui devient indispensable s'il y a eu un fort chauffage ou un grippement bien sensible.



Modèle d'une boîte à graisse avec sa fusée.
Même titre et même légende que pour la figure suivante.
1/5 de grandeur naturelle.

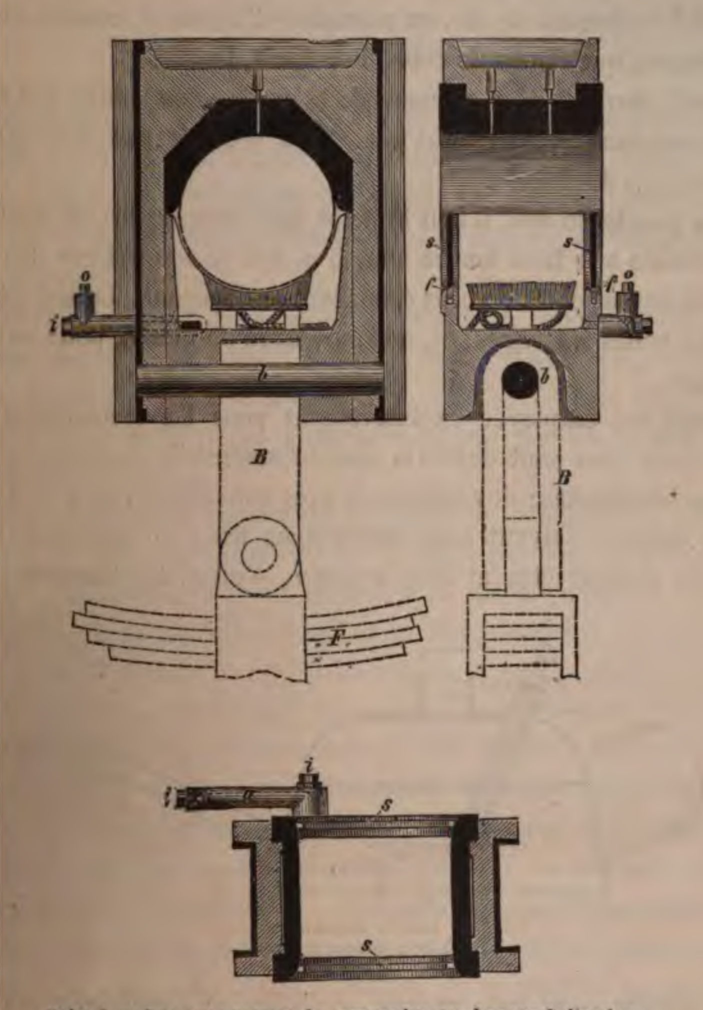




Boîte à graisse avec sa fusée, section horizontale et section verticale.
1/5 de grandeur naturelle.

K, boîte à graisse ; L, coussinet ; S, fusée ; P, godet ; *b*, godet supplémentaire ; D, couvercle avec son ressort de pression *f* ; *nn*, vis d'arrêt des joues ; *rr*, rebords de maintien du réservoir d'huile. L'explication des lettres restantes se trouve dans le texte ci-dessus.

e à graisse avec ressort de suspension au-dessous de l'essieu. —
:e modèle, *b* est le boulon qui relie la partie inférieure du cous-
la partie supérieure et qui porte l'étrier du ressort ; *s*, *s* sont



Boîte à graisse avec ressort de suspension au-dessous de l'essieu.

ort ; B, étrier du ressort ; *a*, tuyau d'introduction de l'huile avec son ouverture *o*
i, petites vis de nettoyage.

nures où se trouvent des feuilles de feutre pressées contre la
par le ressort *f*, pour la garantir de la poussière.

§ 3. — LES MATIÈRES DE GRAISSAGE.

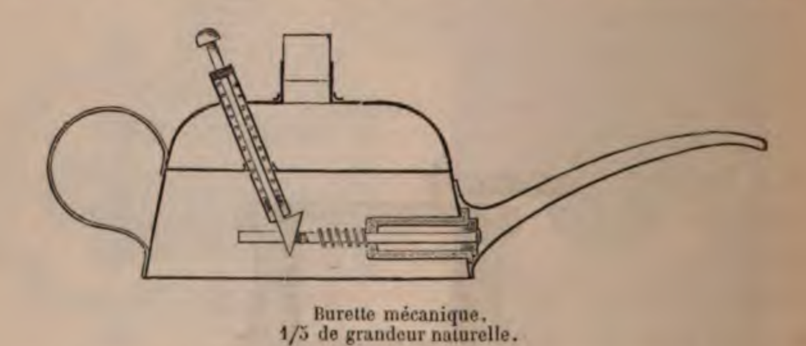
Dans les chemins de fer, on n'emploie d'habitude, comme matières lubrifiantes, que l'huile de colza, le pétrole, le suif.

Le suif provient généralement de la graisse des bœufs, des vaches et des moutons ; quand il est pur, il n'a presque pas d'odeur ; il se solidifie à + 40 degrés.

Pour purifier le suif, il faut lui faire subir une espèce de distillation qui consiste à le faire fondre avec 5 p. 0/0 de son volume d'eau. Le suif pur surnage et les corps étrangers se déposent. Le suif pur sert pour les boîtes à étoupes, et, mélangé avec de l'huile, pour les boîtes à graisse.

L'huile est employée exclusivement pour les locomotives ; elle possède au plus haut degré la qualité essentielle de toutes les substances lubrifiantes : de rester à peu près dans l'état voulu de fluidité.

Les mèches doivent être entretenues avec un soin minutieux ; elles ne doivent être ni trop grosses, — elles ne donneraient pas



Burette mécanique.
1/5 de grandeur naturelle.

assez d'huile, — ni trop minces, — l'huile ne s'étendrait pas suffisamment sur les surfaces frottantes. — Il faut que la mèche s'approche de la fusée sans la toucher, sans quoi elle peut être pincée et arrachée. Il faut en outre que la mèche, avant d'être mise en place, soit imbibée d'huile.

Pour que l'huile soit versée goutte par goutte et ne soit pas jetée

inutilement, on emploie la burette mécanique ci-contre. L'huile ne peut s'écouler que si l'on presse sur le bouton pour ouvrir le clapet.

§ 4. — LES GARNITURES.

C'est le chanvre qui sert de garniture aux boîtes à étoupes, de préférence aux nombreuses garnitures brevetées ; mais, comme il peut prendre feu, on a enveloppé la boîte à étoupes d'un réservoir d'eau percé de plusieurs trous, pour mettre ce liquide en communication directe avec le chanvre.

L'eau qui entoure le réservoir n'empêche probablement pas la vapeur de souffler le long des tiges ; mais comme elle se condense, on ne la voit pas, et la boîte à étoupes peut bien ne pas être étanche. Les cordes en chanvre des garnitures ne sont jamais coupées, car la vapeur les soufflerait.

Les garnitures en bronze ou en métal de composition consistent en anneaux fendus et serrés contre les tiges par des ressorts et graissés avec de l'huile ; nous en avons vu un spécimen dans les pistons

Ce métal de composition ou d'antifriction est formé de 6 parties de cuivre, de 83 d'étain et de 11 d'antimoine ; quelquefois on y ajoute du plomb, comme on l'a déjà vu dans les garnitures des pistons.

Le serrage des garnitures, soit par des ressorts, soit par des vis, exige beaucoup d'adresse : trop serrées, elles empêchent les mouvements ; pas assez, elles laissent échapper la vapeur qui souffle l'huile. Cette question est encore loin d'être résolue ; les nombreux brevets d'invention pris journellement pour garnitures perfectionnées en sont la preuve. En outre, on a remarqué que les dépenses pour garnitures métalliques sont assez considérables, et qu'avec la même somme on peut avoir, pendant longtemps, des garnitures de chanvre en assez bon état.

CHAPITRE VIII

Les freins.

Le frein instantané — ce triste rêve d'une foule d'inventeurs — est trop connu pour que nous y insistions. On n'a qu'à jeter du quatrième étage un train sur le pavé. Le pavé ! Voilà le frein instantané, — le frein idéal. — Malheureusement il se réalise encore de nos jours, — de temps en temps, — sous forme d'un pont qui s'écroule, ou de la culbute d'un convoi à la suite d'un déraillement, ou encore sous forme de lancement d'un train contre un autre.

On exige des freins qu'ils puissent être serrés rapidement, que leurs sabots pressent d'une manière égale sur les bandages pour ne les user qu'uniformément, qu'ils ne demandent que peu de réparations, enfin qu'ils ne compliquent pas l'enlèvement des essieux. Plusieurs combinaisons mécaniques semblent atteindre ce but.

Le mécanicien a à sa disposition directe le frein du tender, la contre-vapeur et le frein à vapeur, pour renforcer l'action des freins ordinaires à vis, desservis par les conducteurs.

Ceux-ci laissent beaucoup à désirer quant à l'effet et à la vitesse de leur travail ; pendant l'orage ou le vent ou dans les convois très longs, ils n'entendent pas toujours les coups de sifflet. On ne peut donc point se reposer entièrement sur leur vigilance ; puis, avec leur manivelle, ils perdent un temps précieux, car quelques secondes seulement comptent dans les grandes vitesses. Aussi la nécessité de disposer de freins rapides et énergiques s'est fait sentir déjà depuis longtemps.

C'est dans les États-Unis de l'Amérique du Nord qu'ils ont été inventés. Là il n'y a pas de barrières; les bestiaux, qui ne sont guère surveillés, et les bêtes sauvages se promènent ou se couchent sur la voie; les arbres sont jetés sur les rails par la tempête; personne n'est là pour les ramasser; on tolère les coupements de voie à niveau; enfin les signaux acoustiques sont aussi rares que les cantonniers. Il fallait donc dans l'intérêt de la sécurité publique combiner des freins pouvant être mis en action par le mécanicien pour arrêter devant des obstacles imprévus, au moins dans la moitié de l'intervalle qu'emploient les gardes-freins.

Dans le Nouveau-Monde ont alors surgi les premiers freins continus, c'est-à-dire agissant sur tous les véhicules à la fois. On y a appliqué l'air comprimé et le vide, pendant qu'en Europe on cherchait à utiliser la force d'impulsion du convoi ou sa force vive pour serrer les freins ordinaires.

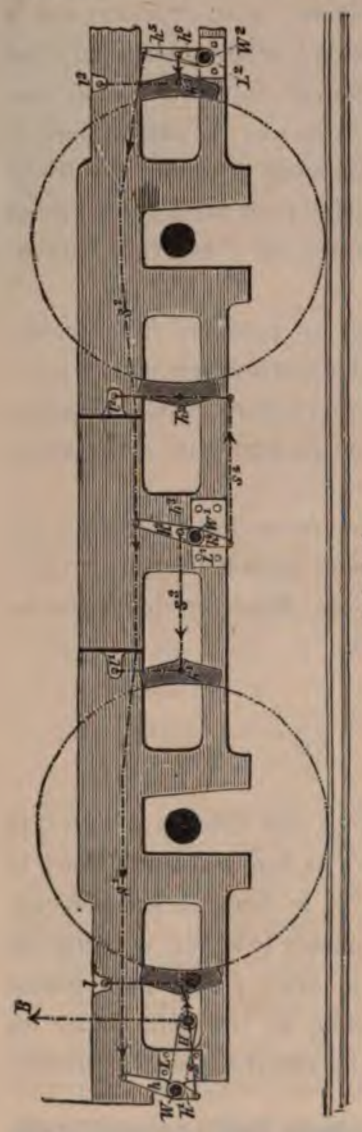
Comme la classification des innombrables freins demanderait un travail dont la durée ne serait peut-être pas en rapport avec son utilité, nous nous en dispenserons quant à présent. Plusieurs des freins les plus usités serviront de démonstration (1).

§ 1. — LE FREIN A VIS.

Le garde-frein, en tournant sa manivelle, tire vers lui la tige B (à gauche). Le levier en bas est soulevé; sa tige *s* avance dans la direction de la flèche, et presse le sabot *k*; le bras de levier recule vers la gauche et tire la tige *s'* qui fait tourner le levier, — celui du milieu, — lequel, par la tige s^3, presse le sabot *k'*. Le mouvement exécuté par le garde-frein se communique au troisième levier au bout, et les quatre sabots sont serrés. Sauf la manivelle, sauf le premier

(1) Quant à d'autres espèces de freins, nous sommes dans la nécessité de renvoyer à nos écrits déjà cités : *Aventures d'un jeune ingénieur*, afin de ne pas faire ici un double emploi de nos textes et dessins, tout en sachant que l'on n'aime pas consulter plusieurs ouvrages du même auteur pour ne connaître qu'un seul et même sujet.

levier et les axes des leviers coudés ou balanciers, — le méc
est en double, un de chaque côté; il y a donc huit sabots en

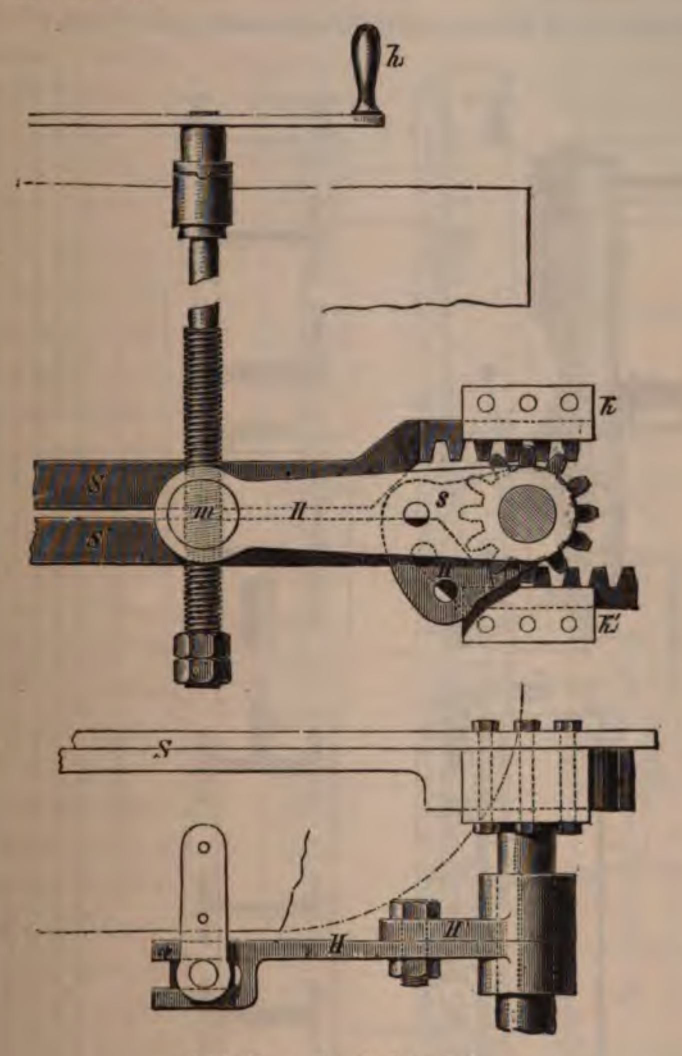


Frein à vis.
1/40 de grandeur naturelle.

La longueur des leviers es
lée de manière que tous les
sont serrés avec la même for
les desserrer, on tourne la m
dans le sens opposé. Ces mouv
doivent être exécutés avec p
tude. Le mécanicien ne p
connaître de prime abord ni
sance des freins ni l'aptitu
gardes; mais dès le premier
il peut s'en rendre compte,
le signal convenu la vitesse
se trouve modérée.

Sabots. — On n'est pas
d'accord sur la matière à e
pour la fabrication d'un sabot
Ce problème est complexe.
s'use vite et peut s'enflamme
freins sont trop serrés. En
du bois, il y a la fonte et le fe
métal sur métal donne un fro
faible. Il faut, pour obtenir le
voulu, que les garde- freins
très fort; ils préfèrent alors
qui les fatigue moins. En o
fer attaque les bandages et c
leur fréquente mise sur le to
Les sabots ne doivent jam
mobiliser les roues; le frottement de roulement se transform
frottement de glissement, et l'usure des rails et des bandages e
la conséquence. Mais comme le garde-frein n'aime pas les sa

, il les serre moins, et les roues continuent à tourner, ce qui parle faveur du métal.

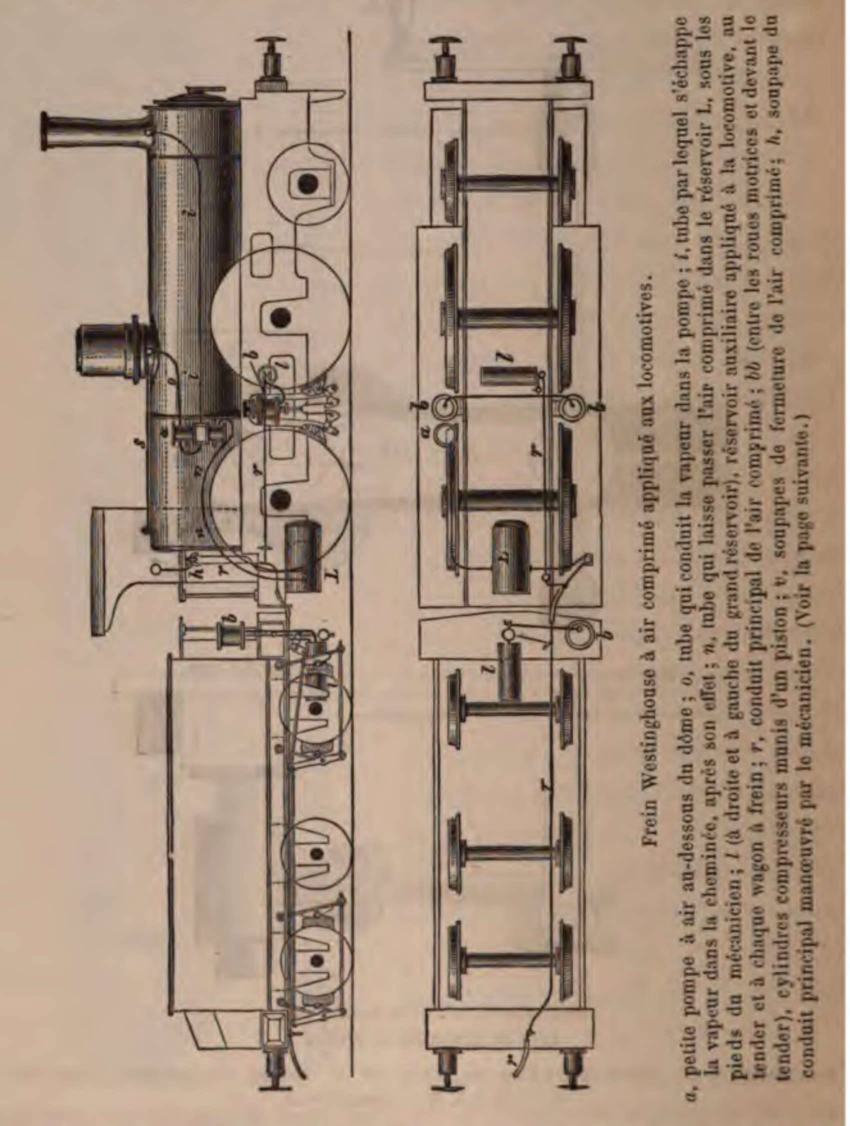


Manivelle et arbre du frein à vis.
1/10 de grandeur naturelle.

nivelle ; S, S', bielles de traction ; m, écrou ; H', H', leviers, l'un tournant, l'autre fixé sur l'axe ; K, K', crémaillères.

n cas de rupture des sabots ou des freins en totalité, le mécani- — agent technique — doit surveiller son personnel pour qu'on

attache solidement toutes les pièces pouvant tomber sur la voie et surtout les tiges de traction qui s'arc-bouteraient et produiraient un déraillement. On a vu tout un train ainsi jeté hors la voie.



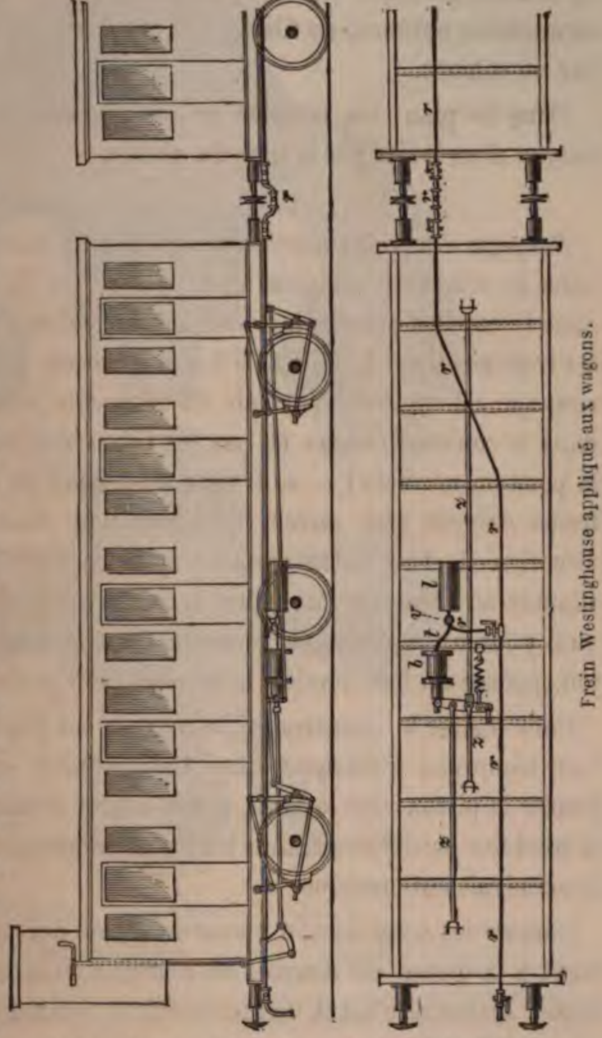
Frein Westinghouse à air comprimé appliqué aux locomotives.

a, petite pompe à air au-dessous du dôme ; *o*, tube qui conduit la vapeur dans la pompe ; *t*, tube par lequel s'échappe la vapeur dans la cheminée, après son effet ; *n*, tube qui laisse passer l'air comprimé dans le réservoir L, sous les pieds du mécanicien ; *l* (à droite et à gauche du grand réservoir), réservoir auxiliaire appliqué à la locomotive, au tender et à chaque wagon à frein ; *r*, conduit principal de l'air comprimé ; *bb* (entre les roues motrices et devant le tender), cylindres compresseurs munis d'un piston ; *v*, soupapes de fermeture de l'air comprimé ; *h*, soupape du conduit principal manœuvré par le mécanicien. (Voir la page suivante.)

Mécanisme de la manivelle. — Par la manivelle, on tourne les levier dont les roues dentées engrènent avec les crémaillères des bielles d

traction, lesquelles, suivant le sens de leur placement, serrent ou desserrent les freins. Le levier H′ a trois trous dont chacun sert — quand les sabots sont usés — à passer une vis qui attache les deux leviers ensemble. (Voir la page 225.)

§ 2. — LE FREIN WESTINGHOUSE.


Frein Westinghouse appliqué aux wagons.

Le mécanicien, avant de se placer sur sa plate-forme, laisse remplir d'air comprimé le réservoir principal, afin que le remplissage ultérieur des réservoirs auxiliaires ne dure pas trop longtemps. Dès que la machine est en tête de son train, toutes les conduites sont accouplées. Au moment du départ, les réservoirs doivent être pleins. Ajoutons encore que le conduit principal passe devant le mécanicien qui manœuvre la soupape des freins dont voici la description détaillée.

L'air est comprimé jusqu'à 8 atmosphères et une soupape empêche un surcroît de la pression indiquée par un manomètre. Les wagons qui n'ont pas de freins ne portent que le conduit de l'air comprimé. Si

les freins sont ouverts, c'est-à-dire non appliqués contre les bandages, il ne se trouve pas d'air dans les cylindres auxiliaires, car la soupape de fermeture empêche son introduction. La liaison du tube général ou conduit principal entre les wagons a lieu au moyen de tuyaux en caoutchouc entourés de fils de fer; ces derniers tuyaux sont formés par un robinet.

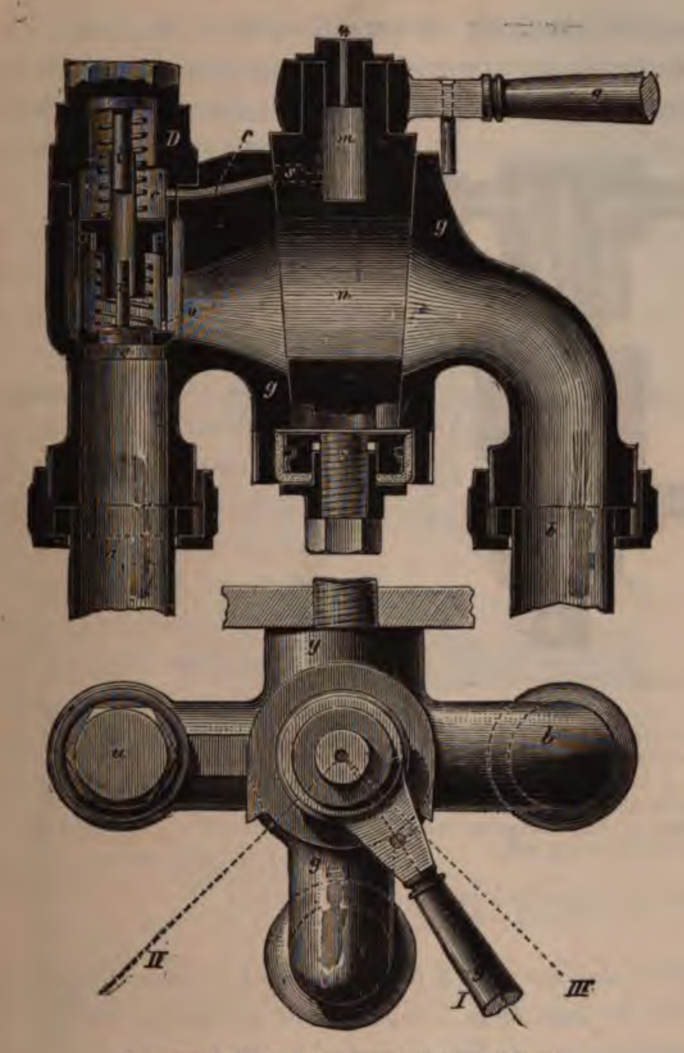
Dans le plan, les tringles *zz* sont poussées vers les sabots au moyen d'un levier par la tige du piston.

Soupape des freins manœuvrée par le mécanicien. — L'air comprimé dans le réservoir principal doit passer, par la soupape des freins, dans le conduit principal. Le robinet ou valve *n* peut être placé dans les trois positions I, II, III. S'il a la position normale I, la seconde soupape est soulevée par l'air du réservoir principal ; cet air passe dans le couvercle creux D, par les tubes *i*. L'air comprimé — dans la position normale I — se trouve au-dessus de la soupape D. Si les freins doivent être serrés, le mécanicien place le robinet dans la direction II, l'air entre dans le cylindre des freins par la soupape adaptée au réservoir auxiliaire. L'air s'échappe de *r* et de R, de façon qu'il y ait un surcroît de pression dans la boîte du tiroir, et le piston, poussé en bas, produit le serrage (voir le dessin ci-contre).

Pour opérer le desserrage, le robinet est placé dans la ligne III l'air comprimé s'échappe dans l'atmosphère en même temps qu'il pousse le piston vers le haut, et les sabots s'écartent du bandage. Si la conduite se déchirait, tous les freins seraient serrés par ce frein qui deviendrait automatique.

Comme les wagons non munis de freins doivent être placés forcément à la queue du convoi, ils peuvent culbuter sur les wagons à freins. Du reste, c'est là un inconvénient commun à tous ces freins en tête du convoi.

Dans le fourgon derrière la locomotive se trouve un manomètre qui indique la pression de l'air, lequel siffle en s'échappant de tuyaux défectueux.

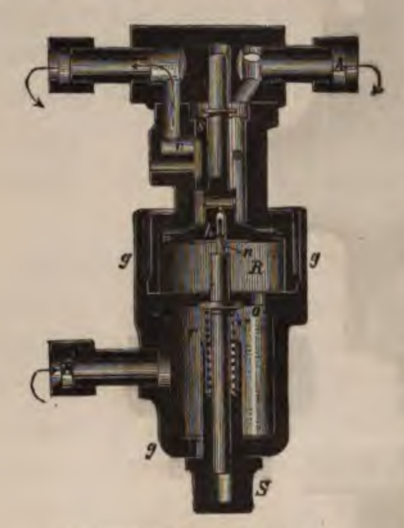


Soupape du frein à air comprimé Westinghouse.

g, boîte des ajutages ; *a* (en bas à droite), ajutage du réservoir principal ; *b* (à gauche), ajutage du conduit principal ; *c* (en haut), ajutage conduisant dans l'atmosphère ; D (en haut), soupape avec son couvercle ; *o*, ouverture par laquelle passe l'air dans le conduit principal et dans les réservoirs auxiliaires ; *i*, tige de la soupape *v* ; *n*, robinet ; *m*, ouverture d'échappement.

Soupape du réservoir auxiliaire du frein Westinghouse. — La soupape (ci-dessous la coupe) se trouve par un branchement en communication avec le conduit principal, le cylindre du frein et l'air libre.

Liaison du cylindre du frein avec le réservoir auxiliaire. — Le cylindre du frein *b* est en connexion avec le réservoir auxiliaire par la conduite *r*. Le cylindre est attaché au longeron T, et la conduite passe près de *g*, sous la traverse d'avant. Le cylindre est en fonte avec deux couvercles. La tige du piston est entourée d'un ressort en spirale qui est serré par le mouvement du piston ; ce ressort a pour but — lors du desserrage des freins — de ramener le piston dans la position primitive. Le robinet *m* sert à fermer la conduite principale. Le robinet de communication *n* est fermé en cas de réparations. Par le robinet de décharge *o* s'échappe l'air, si par suite d'un oubli ou d'un accident le frein de la locomotive ne peut pas être desserré. La liaison du cylindre du frein avec le réservoir auxiliaire est représentée par le dessin à la page suivante. (La figure ci-dessus se rapporte à la page précédente.)



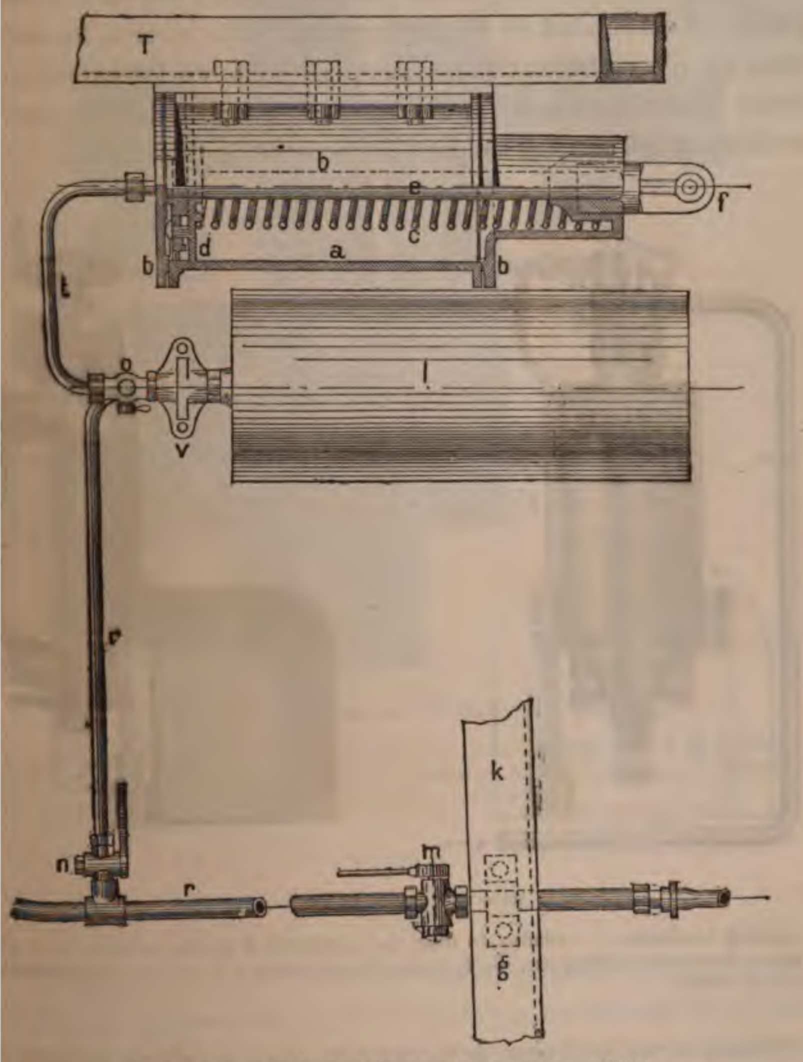
Soupape du réservoir auxiliaire.

C, tube du cylindre du frein ; *gg*, enveloppe de la soupape ; *o*, tube d'introduction dans la chambre R, — par l'aiguille *n* et le tube A dans le réservoir auxiliaire ; *s*, tiroir de distribution ; E, tuyau d'introduction de l'air comprimé dans la chambre *r*. (Voir page 229.)

Règles à observer pour le fonctionnement du frein Westinghouse. — Les sabots du frein de la locomotive et du tender doivent pouvoir être serrés par une course de piston de 0m,10 à 0m,15 ; la distance entre les sabots et les bandages est de 0m,015. — Les cylindres des freins sont graissés tous les mois avec de l'huile minérale ; le cylindre de la pompe à air est graissé après deux voyages. — Il doit se trouver aux stations principales un approvisionnement de tuyaux qui sont à visser aux conduits pour le cas où il se trouverait des wagons libres entre les wagons à freins.

En dehors du frein Westinghouse, il y a encore beaucoup d'autres

s continus, comme nous l'avons dit. Nous allons en donner quel-
s spécimens peu connus sur les chemins de fer français, qui en feront
t-être usage quand le frein Westinghouse — à l'instar de tant de
ns prônés avec enthousiasme — sera tombé dans le gouffre de l'oubli.

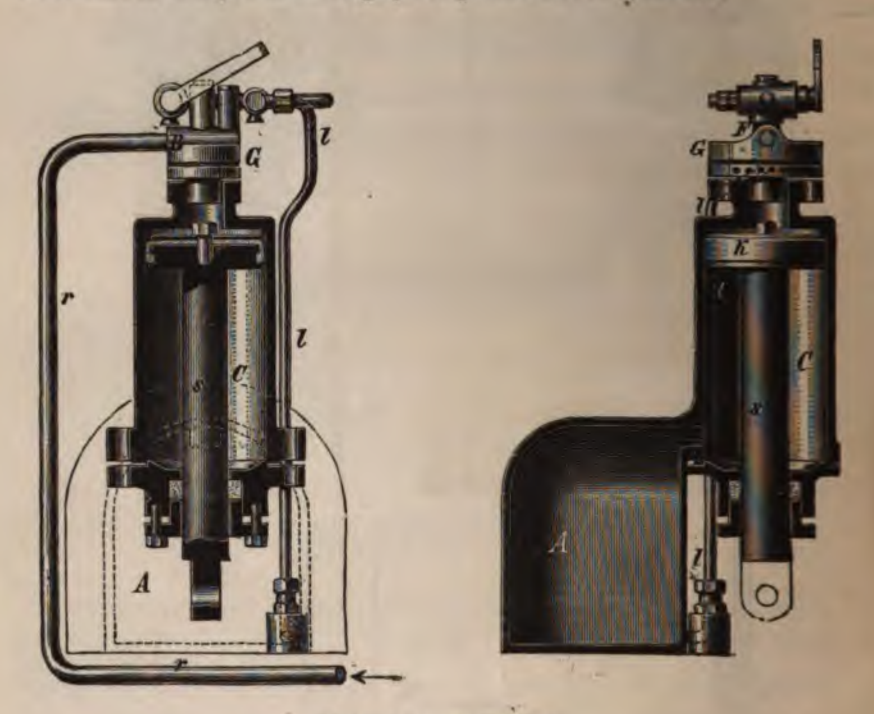


Liaison du cylindre du frein avec le réservoir auxiliaire.

T, longeron ; *l*, réservoir auxiliaire ; *v*, tiroir ; *abd*, cylindre ; *f*, bielle du frein *t*, *r*, conduits ; *cc*, ressort ; *o*, *n*, *m*, robinets ; *kg*, traverse de tête.

§ 3. — LE FREIN A AIR COMPRIMÉ STEEL.

Ce frein ressemble à celui de Westinghouse. L'air, comme précédemment, est comprimé par une petite machine à vapeur à 8 atmosphères ; il est conduit du réservoir principal situé sous la locomotive dans les réservoirs auxiliaires auxquels sont liés les cylindres des freins. L'introduction de l'air du réservoir principal dans le réservoir auxiliaire a lieu par une soupape G placée sur le cylindre.

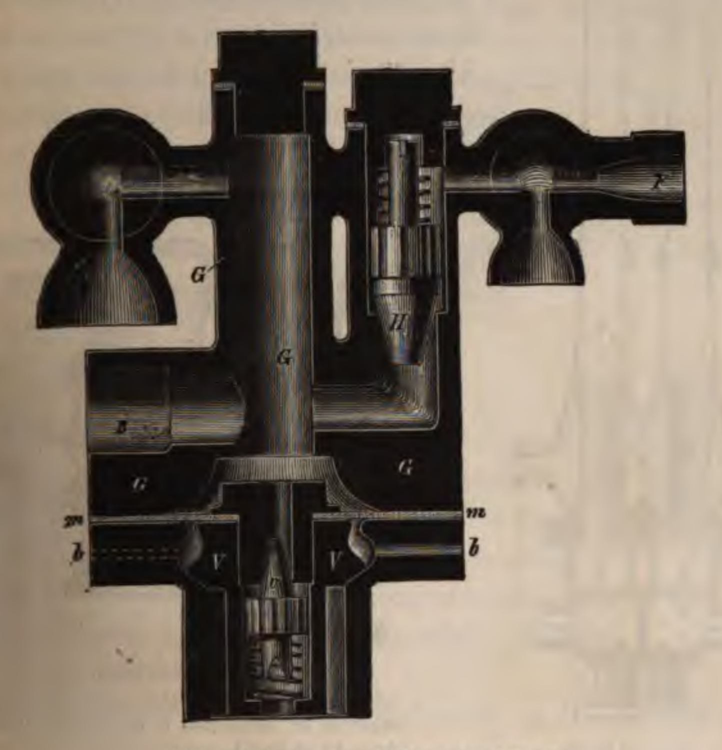


Réservoir auxiliaire Steel.

A, réservoir auxiliaire ; C, cylindre du frein avec son piston K et avec sa tige *s* ; *r*, *l*, conduits ; B, conduite principale ; G, soupape d'échappement ; F, tube de communication avec le conduit *l*.

S'il faut serrer les freins, le mécanicien place le robinet de façon à laisser échapper l'air ; il se produit donc dans la boîte G une diminution de pression ; la petite soupape *v* se ferme et la soupape V est

soulevée. La manœuvre inverse produit le desserrage des freins. L'air comprimé entre dans la boîte G par la soupape v, au-dessus du piston qui descend et décharge les sabots.



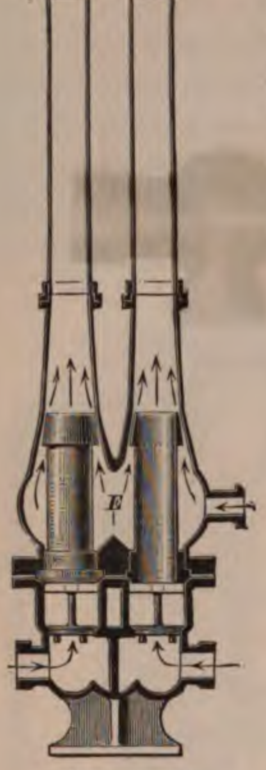
Coupe de la soupape d'échappement Steel.

G, boîte de la soupape; F, conduit principal; B, tuyau d'introduction de l'air comprimé; H, soupape laissant passer l'air dans le réservoir auxiliaire; V, v, soupapes automatiques; b, ouverture d'échappement; m, membrane en caoutchouc.

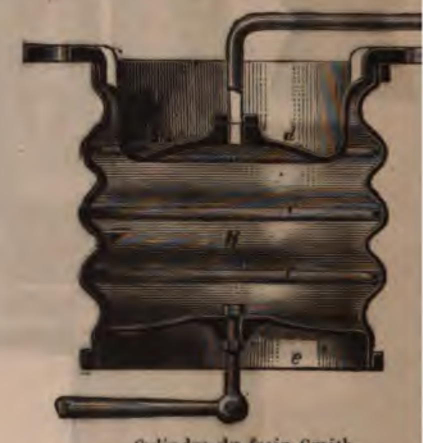
§ 4. — LE FREIN A VIDE SMITH.

Le serrage des freins est opéré par la pression atmosphérique, le vide ayant été produit dans le cylindre par un éjecteur placé dans la boîte à fumée. Le mécanicien, dès qu'il s'agit de serrer, laisse passer dans l'éjecteur E de la vapeur qui entraîne l'air et produit le vide dans les conduits et les cylindres des freins. Dès que ce vide est

produit dans le récipient ou cylindre B, l'atmosphère presse couvercle mobile *e*. Les plis de l'enveloppe en caoutchouc se tent et le frein est serré. Si les frein vent être desserrés, on ferme l'éjecteu laisse entrer l'air dans le cylindre de à équilibrer la pression de l'air dans cipient avec l'atmosphère. Le récipie son élasticité propre se détend, sabots se desserrent. Le frein à vide



Éjecteur Smith.



Cylindre du frein Smith.

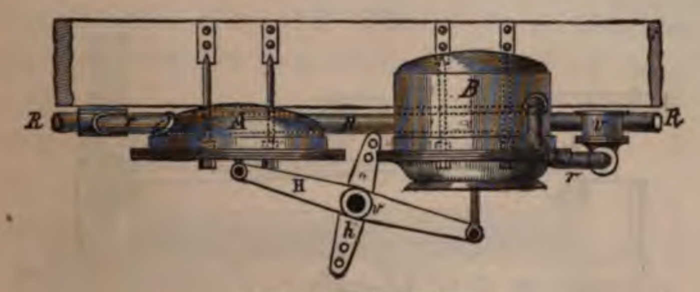
B, récipient; *d*, *e*, couvercles en fonte; *r* neaux en fer renforçant le manteau en choue du récipient.

est continu, mais il n'est pas automatique ; lors du déchirem train, il ne fonctionne pas ; en plus, il demande trop de temp être mis en action et pour produire l'effet voulu.

§ 5. — LE FREIN A VIDE SANDER.

La locomotive a son frein à vapeur; chaque wagon-frein cloches A et B, en tôle, dont le fond est fermé par un diaphrag forte toile, rendue imperméable par une dissolution de caout A chaque diaphragme est attachée une tige qui agit sur un l

ux bras H, dont l'axe de rotation v porte un deuxième levier à
ux bras qui actionne les sabots. La cloche A a un diamètre plus
rand que celui de la cloche B; mais celle-ci est plus haute et plus
aste. Si le vide, ou plutôt la raréfaction de l'air, est le même dans



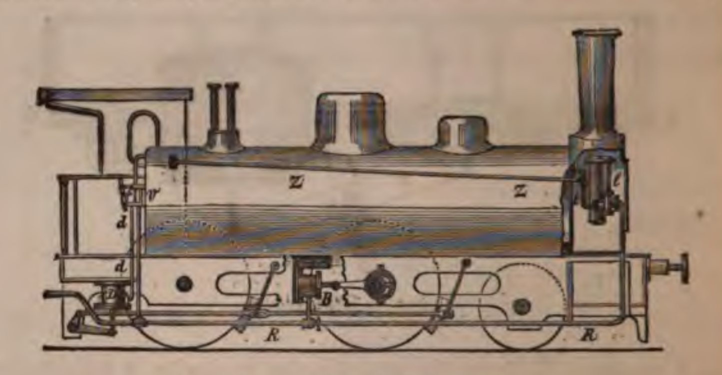
Cloches du frein Sander.

les deux cloches, la force de traction de la cloche A est plus grande que celle de la cloche B. Le diaphragme A rentre, et celui B est tiré dehors. L'inverse a lieu si la raréfaction est plus grande en B qu'en A. Le mouvement alternatif des leviers produit le serrage et le desserrage des freins. Les deux cloches sont en communication avec la conduite principale R par le tube de jonction c : la cloche A directement, la cloche B par la soupape V.

Le vide est produit pendant le stationnement par l'éjecteur ci-dessous, et en route par une pompe à air manœuvrée au moyen de l'excentrique (voir le premier dessin à la page suivante).

Pour serrer les freins, le mécanicien ouvre la soupape vers la conduite principale qui se remplit d'air, lequel passe dans la cloche A ; la cloche B fermée par la soupape V reste vide. Le diaphragme, comme nous l'avons vu, sort, le levier h fait un mouvement rétrograde par lequel les freins sont serrés. Si la soupape est fermée, le jeu inverse a lieu, et les freins sont lâchés. Si un déchirement du train a lieu, l'air rentre dans la conduite et le serrage se fait automatiquement ; et s'il faut mettre le frein hors d'action, quand on détache un wagon, la soupape V doit être soulevée par le levier P, par l'arbre d, le doigt k et la pointe r ; l'air passe alors dans le conduit principal R (p. 236 en bas).

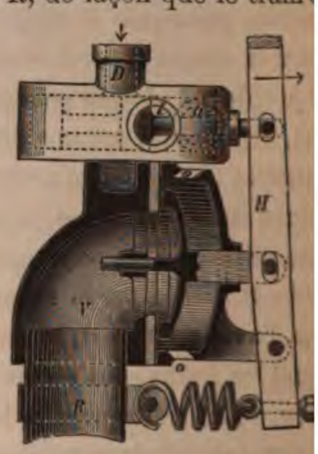
Une pareille soupape se trouve dans le fourgon du chef de trai qui peut serrer les freins. La locomotive n'est pas enrayée par le frei Sander, parce que les cloches devraient avoir un trop grand diamètr pour correspondre au poids de la machine, puis la transmission pa leviers serait trop dispendieuse. Voici la manœuvre du frein à vapeu



Disposition générale du frein Sander.
B, pompe à air manœuvrée par l'excentrique ; D, frein à vapeur ; *d*, *l*, conduit de vapeu R, conduit d'air ; *z*, tige de traction ; *v*, soupape.

L'éjecteur *e* est placé dans la boîte à fumée. La conduite de vape *d* s'ouvre sur la conduite d'air principale R, de façon que le train enrayé par le frein à vide, en même temps que la locomotive est enrayée par son propre frein à vapeur D.

La soupape à air est combinée avec la soupape à vapeur du frein. Si le mécanicien tire le levier H, le tube *l*



Soupape Sander combinée.
D, tuyau d'introduction de la vape *a*, tuyau d'échappement de la peur ; *oo*, trous d'air ; R, cond principal.



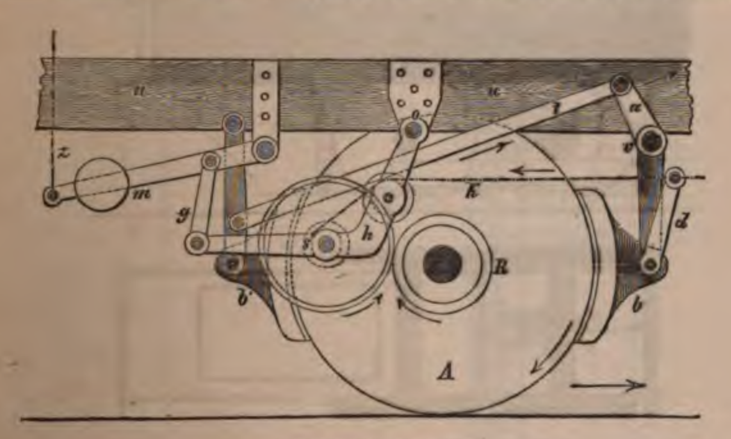
Soupape de fermeture de la conduite principale du frein Sander.

est ouvert, et la soupape V est levée. La vapeur passe alors dans le frein, et l'air dans la conduite principale, ce qui a pour conséquence l'enrayage simultané de la locomotive et des wagons, comme ci-dessus.

L'accouplement des tuyaux est très simple : les bouts sont enchâssés les uns dans les autres, l'air atmosphérique les presse encore davantage. Chaque tuyau — s'il devient le dernier d'un train — peut être fermé par un clapet, et la communication est interrompue.

§ 6. — LE FREIN HÉBERLEIN.

Ce frein est appelé à tort frein continu, car il n'enraye qu'un groupe de véhicules : machine et tender, ou trois wagons. C'est la force d'inertie ou force vive du train qui devient la force motrice des freins. Au-dessus des deux rouleaux R, sur un même essieu, se trouve le



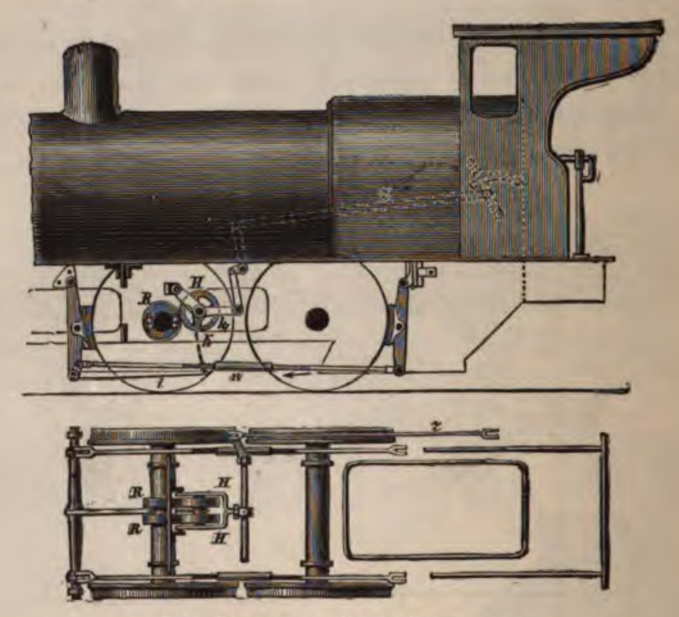
Frein Héberlein.

A, roue du véhicule; R, rouleaux en bois; *bb'*, sabots; *z*, chaîne passant dans le fourgon; *m*, levier avec contrepoids; *g*, tige de suspension; *v*, levier mobile autour du point fixe *o*; *h*, levier coudé; *k*, chaîne des sabots; *t*, tige de traction; *v*, charnière; *d*, levier support de la chaîne.

levier *h*; il porte également deux rouleaux entourés d'une chaîne *k*. Dans l'état libre, le levier *m* est tenu en place par la chaîne *z*, qui va dans le fourgon. S'il faut enrayer, on laisse tomber la chaîne *z*, et avec elle les pièces *m*, *g*, *h*, pour que les rouleaux H et R se touchent;

la chaîne k s'enroule sur le disque s, et les deux sabots sont alors serrés. La chaîne k passe par d aux tiges des freins de la roue suivante, dont elle presse les sabots, et ainsi de suite pour les autres roues. S'il s'agit de desserrer, on soulève la chaîne z, les deux rouleaux s'écartent l'un de l'autre et n'exercent plus de pression.

Frein Héberlein appliqué à la locomotive. — Si le mécanicien pousse la tringle z en avant, le levier h descend, et les rouleaux h et R se touchent. La chaîne k s'enroule et — par les tringles i et n — les sabots à droite et à gauche sont serrés.

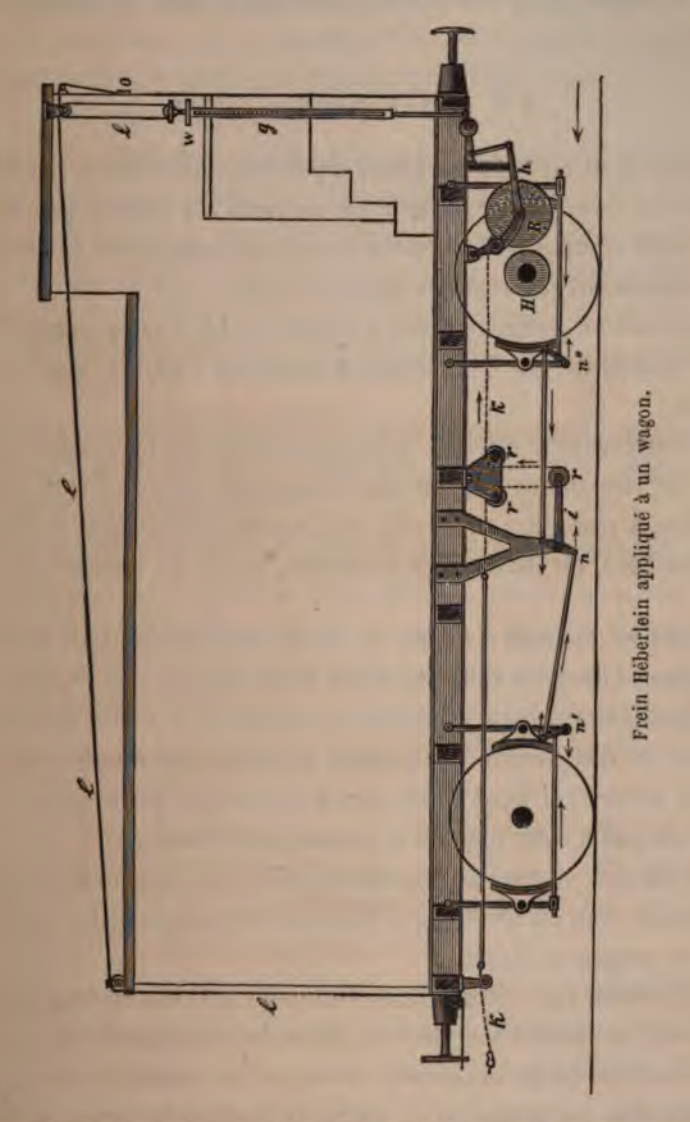


Frein Héberlein appliqué à la locomotive.

En laissant tomber le rouleau R en contact avec le rouleau H, la chaîne k s'enroule comme précédemment; le levier i est soulevé et les autres leviers n, n', n'' se meuvent dans la direction des flèches, en effectuant le serrage des quatre sabots au moyen des tiges de traction.

Frein Héberlein appliqué aux wagons. — La chaîne h passe sur les trois rouleaux r, r, r, et propage la traction à l'autre véhicule. Pour

mettre — à partir d'un seul point — tous les freins en action, la corde *l* attachée en *o* est tirée par une moufle. Entre cette corde et le



Frein Héberlein appliqué à un wagon.

levier *h* se trouve un fuseau *g* dont la rotation sur la roue *w* permet de raccourcir ou d'allonger la corde. Le garde-frein peut donc forcer par le contact des deux rouleaux la rapidité de l'enrayage. Si cette

corde se déchire, par suite de la séparation du train, le fuseau g tombe, les rouleaux sont pressés instantanément, et le serrage des sabots s'ensuit avec une rapidité suffisante dans la plupart des cas.

§ 7. — LES FREINS A VAPEUR.

L'application du frein à vapeur a pour but de ralentir la vitesse du train avant de procéder au serrage du frein du tender qui, déterminant l'arrêt complet, est un frein de secours pour le cas où les gardes-freins n'auraient pas obéi au coup de sifflet.

On se sert en outre du frein à vapeur ou à contre-vapeur quand il faut descendre sur des pentes, à partir de 7 millimètres par mètre courant.

La contre-vapeur devient actuellement moins nécessaire pour les trains de voyageurs qui ont des enrayages continus, très puissants et faciles à graduer ; mais elle est indispensable pour les trains de marchandises, ou les convois militaires, quand ils sont très lourds.

Manœuvre du frein à vapeur. — Pour faire fonctionner ce frein, le mécanicien ouvre les robinets d'eau et de vapeur, afin de faire passer ces fluides dans la boîte d'injection à tiroirs ; il ouvre le régulateur et renverse la distribution en mettant le levier au premier cran de la marche arrière ; il peut faire varier la position du levier, en s'éloignant du point mort d'après la résistance à obtenir.

Si le frein à vapeur a produit son effet, on ramène la distribution au premier cran en arrière, on ferme le régulateur et les robinets de prise de vapeur et d'eau.

Pour obtenir une vitesse uniforme dans tout changement de profil de la voie, le mécanicien place le levier de changement de marche de façon à éviter toute manœuvre brusque qui entraînerait des chocs violents dans les attelages et même la rupture de ces derniers.

Régularité du fonctionnement du frein à vapeur. — Le volume de vapeur injectée dans l'échappement doit excéder le volume de l

vapeur aspirée par le piston, afin d'empêcher l'aspiration de l'air et des gaz. Cet excès de vapeur ne doit pas augmenter sensiblement la dépense totale de la chaudière ; on ne verra qu'un léger filet de vapeur à la cheminée. Si le volume de la contre-vapeur est insuffisant, la vapeur ne s'échappe pas régulièrement par la cheminée, et la pression s'élève dans la chaudière.

Quant à l'injection de l'eau dans le tuyau d'échappement, il faut qu'elle soit réglée de manière que l'eau sorte en petite pluie fine par la cheminée, comme si la machine primait ; l'excès d'eau serait dangereux dans les cylindres. Si l'eau n'était pas en quantité suffisante, le mécanicien s'en apercevrait ; il ne verrait pas de l'eau passer par la cheminée, puis le manomètre indiquerait un surcroît de pression.

Emploi de la contre-vapeur seule. — Une machine marche à contre-vapeur ou en arrière quand ses roues tournent en sens inverse du mouvement de sa distribution.

Dans une machine lancée en avant et avec le déplacement subit de la distribution en arrière, le tiroir ouvre l'admission d'une longueur égale à l'admission anticipée, la vapeur dans le cylindre se détend, et le cylindre se remplit d'un mélange d'air et de vapeur détendue. Ce temps d'aspiration se prolonge jusqu'à la fin de la course du piston. Si la lumière de gauche est fermée, le piston comprime l'air dans le cylindre, et si cette même lumière est ouverte, la vapeur de la chaudière passe dans le cylindre et s'y mélange avec l'eau. Le piston marchant à contre-vapeur refoule ce mélange dans la chaudière et c'est là le travail résistant, qui est égal aux deux tiers de la puissance d'une locomotive en marche.

Cette marche à contre-vapeur offre de graves inconvénients. D'abord l'air est aspiré dans la boîte à fumée, et par conséquent il est très chaud et imprégné de corps étrangers : escarbilles, gaz de la combustion ; puis cet air, qui est plus lourd que la vapeur, remplit le tube d'admission et empêche la vapeur d'arriver aux tiroirs. Ce n'est donc plus avec de la vapeur, mais avec de l'air que les pistons résistent. — Le cylindre devient une espèce de briquet

pneumatique dans lequel on allume un morceau d'amadou en poussant le piston avec véhémence à fond.

Cette chaleur de l'air se communique à la chaudière dont la pression peut monter très rapidement. En outre, ce mélange d'air et de vapeur ne se condense pas assez vite pour faire marcher l'injecteur qui finit par s'arrêter. Du reste, en poussant la contre-vapeur à la limite extrême, on surmène la chaudière, on arrête l'alimentation, enfin on brûle garniture, cylindres et pistons.

Injection de vapeur et d'eau dans l'échappement. — Pour obvier aux inconvénients précités, on a créé, dans le tube d'échappement près de la boîte à tiroir, un nuage de vapeur mélangée d'eau. On y est arrivé par les quatre méthodes suivantes :

Premièrement. — L'eau du tender est injectée à la base de l'échappement et y est vaporisée par les gaz des cylindres. Il se forme un mélange de vapeur et d'air qui est surchauffé par les parois du cylindre ; toutefois l'air des cylindres n'est pas éliminé.

Deuxièmement. — Par l'injection de vapeur, on peut remplir le tuyau d'échappement et empêcher l'entrée de l'air chaud chargé de fumée dans les cylindres ; mais on n'abaisse pas suffisamment la température de la compression.

Troisièmement. — A la suite de l'injection d'un mélange d'eau et de vapeur puisé dans la chaudière, l'eau absorbe la chaleur de surchauffe par sa vaporisation et évite une élévation de température.

Quatrièmement. — Enfin on peut n'injecter que l'eau de la chaudière dans l'échappement où elle se transforme en vapeur, puis arrive à l'état humide dans les cylindres. En ce cas, les appareils d'injection peuvent être simplifiés et les frottements deviennent plus doux. Par ce procédé, on espère arriver aux mêmes résultats donnés par les systèmes mixtes.

Remarque. — Les dessins des appareils à contre-vapeur se trouvent à la fin du livre.

CHAPITRE IX

Les signaux.

Il est inutile de recommander au mécanicien l'observation des signaux. Il sait que ne pas y faire attention, c'est braver la mort. Même une espèce d'instinct le guide pour découvrir les signaux ; ses yeux exercés les voient de loin. Mettez-vous, cher élève, sur la locomotive derrière lui; ne lui parlez pas; observez-le. Il aura déjà sifflé aux freins, quand vous n'aurez pas encore vu les feux rouges.

Cependant, si une manœuvre exceptionnelle entraîne l'inobservation des signaux, le mécanicien peut exiger qu'un agent de la traction monte avec lui sur la machine. S'il doit remplacer un de ses camarades, et s'il ne connaît pas la ligne qu'il doit parcourir, il peut exiger également d'être accompagné par un agent de la voie.

Les signaux qui l'intéressent directement sont de deux sortes : ceux qu'il donne et ceux qu'il reçoit. Puis il y a une troisième sorte qu'il doit connaître, comme tout ce qui se passe sur un chemin de fer : ce sont les signaux que se font les employés de gare entre eux.

Les signaux sont produits par divers appareils dont nous rechercherons l'origine, et dont nous indiquerons l'emploi : les drapeaux, les lanternes, les disques, les sémaphores, les cloches, les sonneries électriques, les trompes, les pétards, les feux, enfin les sifflets.

§ 1. — L'HISTORIQUE DES SIGNAUX.

Les anciens chemins de fer, ceux de l'Angleterre, n'avaient pas de signaux, et cela s'explique aisément. La vitesse des premières locomotives n'excédait pas quatre lieues ou vingt kilomètres par heure, et les passages à niveau étaient défendus. Puis on ne voyageait pas pendant la nuit, car la nuit est faite pour dormir, disait-on encore il n'y a pas très longtemps.

Mais quand les trains commençaient à marcher à grande vitesse, Stephenson le Grand s'aperçut qu'il fallait marquer les places importantes du tracé pour pouvoir les franchir avec sécurité, telles que les profondes tranchées dans les courbes, et les entrées des stations.

Les premiers signaux comprenaient des tables, plaques ou planchettes carrées, peintes d'un côté en vert (allez doucement), de l'autre côté en rouge (arrêtez), et que tournait le cantonnier, surveillant de la voie, garde-voie, le garde ligne actuel. Quand la table était effacée, c'est-à-dire placée parallèlement à l'axe du chemin, le mécanicien ne la voyait plus; la voie était libre; le soir, on y attachait des lanternes vertes ou rouges.

En 1840, Stephenson faisait manœuvrer les signaux, — plusieurs à la fois, — au moyen de fils de fer que tirait un seul homme.

Brunel, l'ingénieur français, — renommé surtout par son rail et son tunnel sous la Tamise, — ayant remarqué que les couleurs de ces tablettes ne pouvaient pas toujours être distinguées avec certitude, en multiplia les formes; il les fit triangulaires, rectangulaires, rondes : nos disques d'aujourd'hui.

Les signaux primitifs pour annoncer des trains au personnel de voie et des gares étaient des signaux à main et des signaux acoustiques : petits drapeaux agités par les gardes et sons de trompe répétés de garde à garde, — suffisants en temps calme ; mais pendant l'orage on n'entendait pas les sons et on ne voyait pas les drapeaux.

Néanmoins ces divers signaux, quelque incomplets qu'ils fussent

offraient le moyen d'établir des tableaux de train, car dans la période de l'expérimentation des chemins de fer on ne pouvait pas songer à un départ régulier des convois; leur arrivée était toujours imprévue.

Une fois en possession de ces tableaux, il fallait en assurer l'exécution par le perfectionnement du système des signaux.

On a donc essayé des sonnettes dont les fils allaient d'une guérite de garde à l'autre, mais on les a abandonnées aussitôt; elles n'étaient pas pratiques. Puis sont venus les mâts-signaux ou sémaphores, au haut desquels se trouvaient des ailes ou bras dont l'inclinaison formait le signal commandant l'arrêt, ou indiquant la direction à suivre sur les voies de garage, ou la position des aiguilles, lesquelles ont leur signaux particuliers et en telle profusion qu'à l'approche d'une grande gare, dans la nuit, le mécanicien se trouve comme dans une illumination. Il lui est difficile de distinguer les signaux dont souvent l'un cache l'autre, et c'est de là surtout que proviennent les accidents; l'expérience a appris qu'il est trop tard d'arrêter un train au moment où la fausse position d'une aiguille est reconnue. Du reste ces signaux préoccupent principalement le personnel des gares.

Les tentatives de laisser commander par les voyageurs ou les conducteurs au personnel de la locomotive l'arrêt du train remontent à l'origine des chemins de fer. On avait installé sur le tender la vigie dite : garde de tender. C'était un conducteur qui regardait en arrière, surveillait le train et avertissait verbalement le mécanicien des irrégularités qui pouvaient se présenter. Plus tard la vigie se tenait assise dans la guérite du dernier wagon, et comme elle s'endormait quelquefois on lui a enlevé son siège et actuellement elle doit se tenir debout; on l'appelle : le conducteur de queue. En cas de danger, cet employé tire une corde, — la fameuse corde-signal, — qui passe sur tout le train et est censée être attachée au sifflet, ou à la cloche, ou à un timbre spécial du tender (1).

D'autres communications telles que les fils électriques, les tubes

(1) Quant aux mots : censée être attachée, voir le livre intitulé : *Les Machines*, par Émile With; second volume : Intercommunications.

pneumatiques ou acoustiques, les miroirs réflecteurs, etc., etc., n'ont pas réussi d'une manière absolue, soit à cause de leur complication, soit à cause de la *désinclination* — comme disent les Anglais — que montrent les agents des Compagnies, quand il s'agit d'appliquer des innovations, à moins que par hasard ils ne les aient inventées eux-mêmes.

L'utilité de tous ces systèmes a toujours été mise en doute. Les Compagnies françaises, consultées par l'administration il y a vingt ans, ont répondu que la communication entre le public et le mécanicien était inadmissible, parce qu'elle occasionnerait plus de danger qu'elle ne rendrait de services. Néanmoins, pour donner satisfaction aux voyageurs, la plupart des gouvernements ont ordonné de placer la corde-signal dans tous les trains. La question est donc tranchée, et nous désirons n'y plus revenir, d'autant plus que nous n'aimons pas cette corde qui, un jour, a failli nous étrangler.

Les signaux explosibles, inventés en Angleterre vers 1845, sont des capsules en fer-blanc de $0^m,01$ de hauteur et de $0^m,05$ de diamètre, remplies de matières fulminantes. Au moyen de petites bandes de métal qui y sont soudées, on les attache sur les rails. La roue de la locomotive les fait éclater, et ils indiquent au mécanicien, par leur explosion pareille à un coup de pistolet, le moment d'arrêter.

Pendant les brouillards, l'exploitation régulière des lignes très fréquentées ne pourrait guère avoir lieu sans ces pétards. Ils sont usités en France depuis 1856.

Quant aux feux-signaux, ou signaux de feu, ce sont des torches à feu rouge ou vert, que les conducteurs jettent dans l'entrevoie pour protéger les trains qui sont forcés de marcher doucement.

Le premier télégraphe électrique fut adopté en 1835 par l'Allemagne pour avertir les chefs de gare de la marche des trains, mais on ne l'appliqua que huit ans après cette époque en Angleterre, et bien plus tard en France. (Voir les paragraphes ultérieurs.)

§ 2. — L'INTERVENTION DE L'AUTORITÉ DANS LE SERVICE DES SIGNAUX.

Partout l'autorité a cherché à réglementer l'application des signaux. Même en Angleterre, pays du laisser-faire en industrie, la législature — à l'occasion de graves accidents arrivés coup sur coup — s'est occupée de l'exploitation des railways, et par des bills a prescrit certaines mesures de précaution concernant les signaux. Les Compagnies, irritées de cette immixtion dans leurs affaires, ont répondu : qu'en ce qui concerne les questions techniques les ingénieurs s'y entendent mieux que la Chambre haute et la Chambre basse réunies, qui n'ont jamais rien inventé, et qu'en résumé : charbonnier est maître chez lui.

Mais les nobles lords et seigneurs, n'ayant tenu nul compte de cette sortie, ont édicté une loi de sûreté des chemins de fer, en vertu de laquelle toute Compagnie qui n'appliquerait pas un système de signaux entre les voyageurs et le mécanicien serait punie d'une amende de 24 livres sterling par jour, somme ronde de six cents francs à prélever, sans plus ample informé, par les juges du comté pour être distribuée aux pauvres de la paroisse. Les Compagnies, tout en protestant contre l'incompétence des députés, se sont empressées d'installer dans les trains rapides nombre de ces intercommunications, et personne n'ignore comment, en cas de danger, ces dernières fonctionnent, ou plutôt ne fonctionnent pas, surtout chez nos voisins où les ingénieurs, plus que partout ailleurs, s'opposent à ce que le public participe à l'exploitation (1).

§ 3. — L'UNIFORMITÉ DANS LES SIGNAUX.

Tant que les chemins de fer étaient isolés, la diversité des signaux n'offrait pas de grands inconvénients. — Mais, depuis que toutes les lignes d'une même largeur de voie sont reliées entre elles et

(1) Voir le livre d'Emile With : *les Aventures d'un jeune ingénieur.* Paris, Dentu, au Palais-Royal.

possèdent des gares communes, les employés sont obligés d'étudier l
livrets de signaux des chemins qu'ils ont à parcourir, et en plus
système spécial adopté dans les gares communes.

Sur le réseau européen, il existe 700 signes qui produisent 70
gnaux, car il y a dix manières de donner un seul et même signal.

L'uniformité des signaux a donc dû s'imposer. Si elle a été facil
établir pour chaque pays, il n'en a plus été de même pour le tra
international. Le champ d'expérimentation a été l'Europe central
elle a dû s'y prêter à cause de sa conformation politique, du gra
nombre de ses souverainetés et de la diversité d'exploitation soit p
l'État, soit par les Compagnies. Jusqu'en 1865, l'établissement de cet
uniformité a rencontré de nombreux obstacles, car chacun voul
faire prévaloir sa propre méthode.

A cette époque, les ingénieurs de l'Autriche, de la Hongrie,
l'Allemagne et de quelques contrées voisines ont formé une Uni
technique pour élaborer un projet d'exploitation uniforme. Penda
dix ans, on a discuté, adopté, puis modifié les systèmes proposés,
c'est enfin au 1er avril 1875 que de ces délibérations est sorti, ent
autres dispositions : *l'ordre des signaux obligatoires pour tous les ch
mins de fer de l'Union*. Il a été approuvé par les États et annexé
leur règlement de police. Comme il est toujours bon de savoir ce q
se passe à l'étranger, nous allons en donner un résumé succinct.

§ 4. — L'ORDRE DES SIGNAUX OBLIGATAIRES SUR LES CHEMINS DE F DE L'UNION.

Cet ordre divise les signaux en 5 catégories, à savoir : les signau
de la voie, des gares, sur les trains, du personnel du train et du ra
gement des trains.

Signaux de la voie. — Ils comprennent les signaux acoustiqu
par les cloches électriques (voir le paragraphe : Cloche électrique)
les signaux optiques.

Signaux acoustiques. — Départ du train dans la direction de A à B : un nombre déterminé de coups de cloche une fois. — Départ du train dans la direction de B à A : même nombre de coups de cloche deux fois. — Signal de repos; aucun train ne passe en dehors des heures réglementaires; pas de train extraordinaire : même nombre de coups répété trois fois. — Signal d'alarme, attention; il faut s'attendre à un événement extraordinaire : même nombre de coups répété six fois par les cloches électriques.

Signaux optiques. — Le train peut passer : le garde-ligne fait face au train; dans l'obscurité, il présente sa lanterne à feu blanc. — Marchez lentement : le garde présente son drapeau dans l'étui ou sa lanterne verte. — Les sections à parcourir lentement sont marquées par des plaques et par des lanternes. La première lanterne vers le train est verte, la seconde blanche. — Arrêt : le garde agite son drapeau ou sa lanterne.

L'emploi du sémaphore et de la corne d'appel est facultatif pour la voie.

Signaux des gares. — Ce sont comme précédemment des signaux acoustiques et des signaux optiques.

Signaux acoustiques. — Permission de monter en voiture : un coup de cloche. — Montez : deux coups. — Départ : trois coups.

Signaux optiques. — L'entrée en gare est fermée : le bras du sémaphore horizontal à droite; lanterne rouge à l'extérieur, lanterne verte à l'intérieur. L'entrée en gare est libre : le bras incliné à droite; lanterne verte à l'extérieur, lanterne blanche à l'intérieur. A 600 mètres ou 1,000 mètres en avant du sémaphore, il y a un disque avec lanterne et manœuvré automatiquement par le sémaphore.

Signaux sur les trains. — Train ordinaire : deux lanternes blanches à l'avant et trois lanternes rouges à l'arrière. — Train ordinaire suivi d'un train extraordinaire : à l'avant une lanterne rouge, à l'arrière deux lanternes rouges et une verte. Le jour : un disque vert à l'arrière du dernier wagon.

Signaux du personnel des trains. — Sifflet à vapeur : attention, un coup prolongé; serrez les freins, trois petits coups rapides; lâchez, deux coups prolongés. — Sifflet à bouche : le personnel doit monter, un coup prolongé; départ, deux coups prolongés; arrêt, trois coups rapides.

Signaux du rangement des trains. — Ces signaux sont donnés au mécanicien, au moyen d'un sifflet à bouche, par les chefs d'équipe ou les chefs de train : avancez, un coup; reculez, deux coups; arrêtez, trois coups. Ces signaux peuvent être donnés aussi avec le bras ou avec une lanterne : agité de haut en bas, placé horizontalement, tourné en cercle.

Comme on a pu le voir, l'uniformité de ces signaux officiels n'est qu'apparente, car les signaux importants, tels que ceux des aiguilles, des bifurcations, des ponts tournants, des tunnels, etc., etc., en un mot des points noirs, ne sont guère mentionnés, et les administrations séparées restent libres de les établir à leur convenance.

§ 5. — RÈGLEMENT DES SIGNAUX DANS LES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT.

Dispositions générales. — Les signaux servent à mettre les agents de la voie, des trains et des gares en communication entre eux, pour la transmission des ordres ou avis concernant la sécurité et la régularité de la marche des trains. Tout agent, quel que soit son grade, doit obéissance passive aux signaux. Tout ordre transmis par un signal doit être exécuté immédiatement. Sur tous les points et à toute heure, les dispositions doivent être prises comme si un train était attendu. Par exception, cette prescription ne s'applique pas, pendant la suspension du service, aux lignes à service interrompu durant une partie de la nuit. L'absence de tout signal indique que la voie est libre. Les signaux se divisent en : signaux à vue et acoustiques.

Signaux à vue. — Les signaux à vue diffèrent suivant qu'ils sont faits de jour ou de nuit. Les signaux de nuit doivent être employés : 1° le soir, à partir du moment où ces signaux deviennent plus visibles que les signaux de jour, jusqu'au matin, lorsqu'ils cessent d'être aperçus plus distinctement que ces derniers ; 2° dans les souterrains, aussi bien de jour que de nuit ; 3° pendant le jour, en même temps que les signaux de jour, lorsque, par suite de l'état de l'atmosphère, ils peuvent être aperçus plus distinctement que ceux-ci. Les signaux à vue comprennent : les signaux à main ; les signaux fixes ; les signaux d'aiguilles ; les signaux des trains ou des machines isolées.

Signaux à main. — Les signaux à main s'exécutent : le jour, avec un drapeau vert ou rouge ; la nuit, avec un feu blanc, vert ou rouge

Signaux de jour. — Le drapeau roulé ou dans son fourreau indique que la voie est libre ; le drapeau vert déployé commande le ralentissement ; le drapeau rouge déployé commande l'arrêt immédiat ; à défaut de drapeau rouge, l'arrêt est commandé, soit en agitant vivement de haut en bas et de bas en haut un objet quelconque, soit en élevant les bras de toute leur hauteur.

Signaux de nuit. — Le feu blanc indique que la voie est libre ; le feu vert commande le ralentissement ; le feu rouge commande l'arrêt immédiat ; le feu jaune commande également l'arrêt sur les voies accessoires ; à défaut de feu rouge, toute lumière vivement agitée de haut en bas et de bas en haut commande l'arrêt. Les agents chargés de faire les signaux peuvent être remplacés, le jour, par un drapeau, ou, la nuit, par une lanterne. Le drapeau rouge, ou le feu rouge, placé à l'extérieur d'une voie ou bien dans la voie, commande l'arrêt immédiat à tout train ou machine se présentant sur cette voie. Le drapeau vert, ou le feu vert, placé à l'extérieur d'une voie, sur les lignes à double voie, commande le ralentissement à tout train ou machine se présentant sur cette voie. Sur les lignes à voie unique, le

drapeau vert, ou le feu vert placé à gauche de la voie dans le se de la marche des trains ou machines, auxquels il s'adresse, comman également le ralentissement à ces trains ou machines. Le drape vert peut être remplacé par une plaque peinte en vert sur une fa et en blanc sur l'autre. Le drapeau blanc, ou le feu blanc, placé l'extérieur d'une voie sur les lignes à double voie, et à gauche sur l lignes à voie unique, indique le point où la vitesse normale peut êt reprise.

Signaux dans les manœuvres. — Dans les manœuvres avec la m chine, la direction des mouvements est déterminée par la position la cheminée de la machine par rapport au mécanicien ; elle précè cet agent dans les mouvements en avant, et le suit dans les mou ments en arrière. L'agent chargé de commander les manœuvres d donc toujours, avant d'ordonner un mouvement, se rendre com de la position de la cheminée de la machine par rapport au méca cien. Les mouvements de machines, de voitures ou de wago peuvent être commandés au moyen des signaux suivants. Le jour : signal de marche « en avant, en arrière » est donné en agitant drapeau roulé ou le bras étendu horizontalement ; pour l'exécuti de ce signal, le corps faisant face à la voie, l'agent se sert du br droit lorsque la machine et les véhicules doivent marcher pour dans le sens de sa droite à sa gauche ; il se sert de son bras gauc dans le cas de marche en sens contraire. Le signal « doucement » fait en cessant le mouvement du drapeau ou du bras, en l'élevant en le tenant immobile en l'air. Le signal de « halte » est fait en t nant un drapeau rouge déployé ou en abattant vivement et à pl sieurs reprises le bras de haut en bas, la paume de la main tourn vers le sol. La nuit : le signal de marche « en avant » est donné balançant le feu blanc transversalement à la voie, et en le tourna vers le mécanicien. Le signal de marche « en arrière » est donné balançant le feu vert transversalement à la voie, et en le tourna vers le mécanicien. Le signal « doucement » est fait en cessant balancement, en élevant le feu blanc ou le feu vert, et en le maint

nant immobile à hauteur de l'épaule. Le signal de « halte » est donné en abaissant vivement et en élevant les mêmes feux, à plusieurs reprises, ou bien en présentant au mécanicien le feu rouge.

Signaux fixes. — Les signaux fixes se composent d'une plaque pouvant occuper, en tournant autour d'un axe vertical, deux positions, l'une parallèle et l'autre perpendiculaire à la voie ; la nuit, ils portent une lanterne qui présente des feux de couleurs différentes dans les deux positions du signal. Les signaux fixes sont de trois espèces : 1° signaux avancés à plaque ronde, s'adressant aux trains ou machines circulant sur les voies principales ; 2° signaux d'arrêt absolu à plaque carrée rouge, s'adressant aux trains ou machines circulant sur les voies principales ; 3° signaux d'arrêt absolu à plaque carrée jaune, s'adressant aux trains ou machines circulant sur les voies de service.

Signaux avancés à plaque ronde. — Les signaux avancés à plaque ronde sont employés pour protéger à distance les gares, certains passages à niveau, et tous autres points où les trains peuvent rencontrer des obstacles.

Les plaques de ces signaux sont peintes en rouge sur la face qui, dans la position perpendiculaire à la voie, se présente aux trains ou aux machines se dirigeant vers le point à protéger et en damier blanc et noir sur l'autre face. La nuit, la lanterne dont ils sont munis présente à volonté, dans la direction opposée à celle de la gare ou du point que le signal doit protéger, un feu blanc ou un feu rouge, et du côté de la gare ou du point à protéger, un feu bleu ou un feu blanc. Le jour : le signal effacé parallèlement à la voie indique que la voie est libre ; le signal présentant la face rouge perpendiculairement à la voie commande l'arrêt. La nuit : le feu blanc indique que la voie est libre ; le feu rouge commande l'arrêt. Du côté de la gare ou du point à protéger, le feu blanc indique que le signal est à l'arrêt, et le feu bleu annonce « voie libre ».

Signaux d'arrêt absolu à plaque carrée rouge. — Les signaux d'arrêt absolu doublent certains signaux avancés, ou couvrent, à petite distance, les points tels que les branchements et intersections de voies, qui exigent une protection particulière. Les plaques carrées sont peintes de manière à présenter, dans la position perpendiculaire à la voie, aux trains ou aux machines se dirigeant vers le point à protéger, une face complètement rouge et aux trains marchant en sens inverse une face complètement blanche. La nuit, la lanterne présente à volonté, dans la direction opposée à celle de la gare ou du point à protéger, un feu blanc ou un double feu rouge, et du côté de la gare ou du point à protéger, un feu bleu ou un feu blanc. Le jour : le signal effacé parallèlement à la voie indique que la voie est libre ; le signal présentant la face rouge perpendiculairement à la voie commande l'arrêt absolu. La nuit : le feu blanc indique que la voie est libre, le double feu rouge commande l'arrêt absolu ; du côté du point à protéger, le feu blanc indique que le signal est à l'arrêt, et le feu bleu annonce « voie libre ».

Signaux d'arrêt absolu à plaque carrée jaune. — Les plaques carrées des signaux s'adressant aux trains circulant sur les voies de service sont peintes en jaune sur la face qui, dans la position perpendiculaire à la voie, se présente aux machines se dirigeant vers le point à protéger, et en blanc sur l'autre face. La lanterne dont ils sont munis présente, à volonté, un feu blanc ou un feu jaune aux trains se dirigeant vers les points à protéger et un feu jaune ou un feu blanc dans la direction opposée. Le jour : le signal effacé parallèlement à la voie indique que la voie est libre ; le signal présentant la face jaune perpendiculairement à la voie commande l'arrêt absolu. La nuit : le feu blanc indique que la voie est libre ; le feu jaune commande l'arrêt absolu.

Signaux d'aiguilles. — Les signaux d'aiguilles, ou signaux indicateurs de direction, sont destinés à faire connaître aux mécaniciens la position des aiguilles. Ils se composent d'un disque pouvant occuper,

en tournant autour d'un axe vertical, deux positions, l'une parallèle et l'autre perpendiculaire aux voies. Pendant la nuit, le disque est surmonté d'une lanterne pouvant donner quatre feux. Le signal est relié aux aiguilles par une tige qui fait placer le disque parallèlement ou perpendiculairement à la voie, suivant la position des aiguilles. Aux bifurcations de deux voies de circulation, le disque effacé, le jour, ou le feu blanc, la nuit, indique que les aiguilles sont disposées pour la direction de gauche ; un disque vert perpendiculaire à la voie, le jour, ou un feu vert, la nuit, indique que les aiguilles sont disposées pour la direction de droite. Aux branchements des voies d'évitement sur la voie directe dans les gares, sur les lignes à voie unique, le disque effacé, le jour, ou le feu blanc, la nuit, indique que les aiguilles sont disposées pour la voie directe, et un disque vert perpendiculaire à la voie, le jour, ou un feu vert, la nuit, indique que les aiguilles sont disposées pour la voie d'évitement. Aux branchements sur les voies de circulation des voies desservant des dépôts de machines ou servant au stationnement de wagons, le disque effacé, le jour, ou le feu blanc, la nuit, indique que les aiguilles sont disposées pour la voie de circulation ; le disque rouge perpendiculaire à la voie ou le feu rouge du côté de la pointe des aiguilles, et le disque vert ou le feu vert du côté du talon, indiquent que les aiguilles sont disposées pour la voie accessoire.

Signaux des trains ou des machines isolées. — Le jour, les trains ou machines isolées, circulant en dehors des gares, ne portent aucun signal, sauf dans les cas exceptionnels indiqués ci-après. Pendant la nuit : en dehors des gares, toute machine circulant isolément doit montrer au moins un feu blanc à l'avant dans le sens de la marche, et un feu rouge à l'arrière. Dans les gares, ou entre les dépôts et les gares correspondantes, toute machine circulant isolément doit montrer un feu blanc à l'avant et un feu blanc à l'arrière. La nuit, tout train en marche doit montrer deux feux blancs à l'avant, sauf dans le cas indiqué à l'article 20 ci-après, où un seul feu blanc pourra suffire. Il doit montrer à l'arrière, sauf dans les cas ci-après spécifiés, trois

feux rouges, dont deux placés aux angles supérieurs du dernier ou de l'un des derniers véhicules, et le troisième à la hauteur du crochet d'attelage du dernier véhicule. Les deux signaux de côté, qu'ils soient ou non placés sur le dernier véhicule du train, doivent être très visibles pour les agents des trains, des gares et de la voie; ils présentent toujours des feux blancs vers l'avant du train. Les dispositions concernant les signaux des trains en marche ne s'appliquent pas aux trains ou parties de trains en manœuvre dans les gares. Un drapeau vert, le jour, ou un feu vert, la nuit, placé à l'arrière d'un train, à droite, dans le sens de la marche, indique que ce train est dédoublé. Un drapeau vert, le jour, ou un feu vert, la nuit, placé à l'arrière d'un train, à gauche, dans le sens de la marche, indique que ce train est suivi par un train facultatif. Deux drapeaux verts, le jour, ou deux feux verts, la nuit, placés à l'arrière d'un train, indiquent que ce train est suivi par un train spécial. Tout train ou toute machine circulant à contre-sens par suite de circonstances exceptionnelles montre, le jour, un drapeau rouge arboré à l'avant dans le sens de la marche; la nuit, un feu rouge en sus des signaux réglementaires. Les signaux d'arrière restent, dans ce cas, ceux prescrits par les articles précédents. Pour annoncer qu'une machine doit rentrer immédiatement à son point de départ, elle doit montrer à l'avant dans le sens de la marche, le jour, un drapeau vert; la nuit, un feu vert ajouté aux feux blancs réglementaires. En cas de double traction, ce signal est toujours placé à l'avant de la première machine.

Signaux acoustiques. — Ce sont les suivants : 1° la trompe ou la corne d'appel; 2° le sifflet à vapeur des machines; 3° le sifflet de poche ; 4° la cloche ou le timbre placé sur les tenders ou sur les machines ; 5° les signaux détonants ou pétards.

Trompe ou corne d'appel. — Les aiguilleurs et les agents de la voie communiquent de la manière suivante, entre eux et avec les agents des gares : un son de trompe ou de corne prolongé annonce l'approche des trains ou machines portant des numéros impairs ; deux

sons de trompe ou de corne prolongés annoncent l'approche des trains marchant dans le sens des trains portant des numéros pairs; plusieurs sons de trompe ou de corne vivement répétés demandent du secours. Ce signal d'alarme ne doit être fait que dans des circonstances graves. Tout agent qui n'est pas retenu par un service forcé doit se porter tout de suite sur le point d'où part le signal.

Sifflet à vapeur des machines. — Les mécaniciens communiquent au moyen du sifflet à vapeur avec les agents des trains, de la manière suivante : un coup de sifflet prolongé commande l'attention; deux coups de sifflet brefs ordonnent de serrer les freins jusqu'à frottement ; plusieurs coups de sifflet brefs ordonnent de serrer les freins jusqu'au refus; un coup de sifflet bref commande de desserrer les freins, et annonce la mise en marche du train; quatre coups de sifflet prolongés rappellent un conducteur ou un chauffeur, détaché pour protéger, à l'arrière, un train ou une machine. Les signaux indiqués ci-après servent aux mécaniciens à communiquer avec les agents des gares, de la voie et des dépôts : 1° En pleine marche : un coup de sifflet prolongé annonce l'approche d'un train ou d'une machine. 2° Aux abords des bifurcations : un coup de sifflet prolongé indique un train ou une machine devant aborder l'aiguille de bifurcation par la pointe et devant aller à gauche ; deux coups de sifflet prolongés indiquent un train devant aborder l'aiguille de bifurcation par le talon ; trois coups de sifflet prolongés indiquent un train ou une machine devant aborder l'aiguille de bifurcation par la pointe et devant aller à droite. 3° Aux abords des points de stationnement des machines de secours : des coups de sifflet prolongés et répétés annoncent que le train a besoin de la machine de secours.

Sifflet de poche. — Les sifflets de poche ou de marine sont employés par les chefs de gare et leurs suppléants pour donner le signal le départ aux chefs de train et aux mécaniciens des machines isolées. Un coup de sifflet de poche, donné à proximité du fourgon de tête, indique au chef de train que le train est prêt à se mettre en marche,

et que rien, en ce qui concerne le service du chef de gare, ne s'oppose à son départ. Le même signal, donné à proximité d'une machine isolée devant se mettre en route, indique que cette machine doit partir dès qu'elle le pourra. Toutefois, si la machine ne doit pas être accompagnée par un agent de l'exploitation, le chef de gare doit donner verbalement l'ordre de départ au mécanicien. Ces sifflets peuvent aussi servir à commander aux mécaniciens lors des manœuvres à la machine : deux coups de sifflet prolongés signifient « en avant » trois coups de sifflet prolongés signifient « en arrière » ; plusieurs coups de sifflet saccadés signifient « halte ». Les signaux au sifflet sont employés dans les manœuvres concurremment avec les signaux à vue. Lorsque les mécaniciens de manœuvre sont au repos, ils ne doivent obéir au signal de marche donné par le sifflet qu'autant qu'il est confirmé par le signal à vue ; mais lorsqu'ils sont en mouvement, s'ils ont perdu de vue l'agent qui commande la manœuvre ou celui qui transmet les signaux à vue, ils doivent s'arrêter dès qu'ils entendent le signal de « halte » donné par le sifflet, et ne se remettre en mouvement que lorsque l'agent chargé de leur faire les signaux à vue s'est placé de manière à faire visiblement le signal de marche.

Cloche ou timbre placé sur les machines ou sur les tenders. — Tous les tenders et toutes les machines-tenders sont munis d'un timbre ou d'une cloche dont le battant peut être mis en mouvement, au moyen d'une corde, par le conducteur de tête du train. Lorsque les trains sont arrêtés, le son du timbre ou de la cloche commande le départ aux mécaniciens, et lorsqu'ils sont en marche il leur commande l'arrêt.

Signaux détonants ou pétards. — Quand il y a lieu de faire usage de pétards, on en fixe deux, l'un sur le rail de droite, l'autre sur le rail de gauche, à 25 ou 30 mètres l'un de l'autre. Par un temps très humide, il convient d'en placer un troisième, espacé du second à peu près de la distance qui sépare les deux premiers. La détonation d'un ou de plusieurs pétards commande l'arrêt immédiat. Le jour et la

nuit, les pétards sont employés : 1° par tout agent chargé de couvrir un train, lorsqu'il ne peut pas rester sur la voie pour faire les signaux; 2° par le conducteur d'arrière d'un train, ou par le chauffeur d'une machine isolée, lorsque la vitesse est réduite à celle d'un homme marchant au pas; 3° par les agents chargés de faire des signaux à vue, en temps de brouillard ou de tourmente ne permettant pas d'apercevoir les signaux à main à cent mètres de distance; il doit en être de même dans les souterrains, lorsque la fumée ne permet pas d'apercevoir les signaux à main à la même distance. La nuit, les pétards sont aussi employés lorsque les lanternes ne peuvent rester allumées. Lorsque les pétards sont employés comme complément des signaux à main, ou pour remplacer des signaux fixes, ils doivent être placés à cinquante mètres en avant au moins du signal qu'ils complètent ou remplacent. Dès que les causes qui ont fait employer les pétards cessent, et que ces signaux ne sont plus utiles, il y a lieu, autant que possible, de retirer de la voie ceux qui n'ont pas été écrasés. Sauf les cas de force majeure et ceux prévus d'une manière explicite par les règlements, l'emploi des pétards ne dispense pas de celui des signaux ordinaires à vue, qui doivent toujours être faits dans les conditions prescrites par les règlements. Par exception, l'agent qui se trouve être seul pour couvrir un obstacle interceptant la circulation dans deux directions opposées, et qui n'est muni que d'un drapeau, le jour, ou d'une lanterne, la nuit, peut se borner à placer des pétards à la distance réglementaire de l'obstacle, dans les deux directions.

Distances auxquelles se font les signaux. Espacement des trains. — Les signaux de ralentissement sont faits à 800 mètres, au moins, du point qui nécessite le ralentissement. Cette distance doit être portée à 1,000 mètres dans les pentes supérieures à 10 millimètres par mètre. Par contre, elle peut être réduite à 500 mètres lorsque la voie présente aux trains arrivant une rampe de plus de 5 millimètres par mètre. Les signaux d'arrêt à la main et les signaux détonants ou pétards doivent être faits : à 1,000 mètres, si la voie ne présente pas,

entre le signal et le point à couvrir, aux trains se dirigeant vers ce dernier point, des pentes dépassant 5 millimètres par mètre; à 1,200 mètres, si l'on rencontre dans ce parcours une pente supérieure à 5 millimètres et ne dépassant pas 8 millimètres; à 1,500 mètres, si la pente dépasse 8 millimètres. Par contre, si la voie, entre le signal et le point à couvrir, présente une rampe de plus de 5 millimètres par mètre, la distance de protection peut être réduite à 800 mètres. Sur les rampes de 10 millimètres et au-dessus, la distance de protection peut être réduite à moins de 800 mètres, en vertu d'ordres de service s'appliquant à des parties de ligne déterminées.

Espacement des trains. — Le signal d'arrêt doit être fait pendant les dix minutes qui suivent le passage de chaque train ou de chaque machine isolée, que ce signal soit fait à la main ou à l'aide d'un signal fixe. Après l'écoulement de cette période, pendant laquelle le signal d'arrêt est obligatoire, le signal de ralentissement doit être fait à tous les trains survenant pendant une période de cinq minutes. Le temps pendant lequel le signal d'arrêt doit être maintenu, notamment au départ des gares ou des voies de garage en pleine voie, peut toutefois n'être que de cinq minutes : 1° lorsque le premier train a une marche plus rapide que le deuxième; 2° lorsque la distance à parcourir, sur la même voie, par les trains qui se suivent, n'excède pas 2,000 mètres. L'intervalle peut même être réduit à trois minutes, lorsque les deux trains qui se succèdent doivent, à moins de 1,000 mètres du point de départ, suivre chacun une voie différente. Dans ce dernier cas, la durée du signal de ralentissement qui suit le signal d'arrêt peut aussi être réduite à trois minutes. Dans tous les autres cas, cette durée doit être de cinq minutes.

Mesures d'ordre. — Tous les agents du service actif doivent être porteurs d'un exemplaire du présent règlement.

§ 6. — LES FEUX-SIGNAUX.

Les feux-signaux consistent en torches d'une longueur de $0^{m},20$ et de 15 à 16 millimètres de diamètre.

Ces torches, dont les unes produisent en brûlant une flamme rouge et les autres une flamme verte, sont formées par une pâte onctueuse renfermée dans une double enveloppe en étoffe rendue imperméable par du caoutchouc. La couleur de l'enveloppe extérieure indique celle que produit la torche quand elle brûle. L'allumage des torches peut avoir lieu, soit au moyen d'allumettes ou d'amadou, soit à la flamme de la lampe d'une lanterne. La durée de la combustion de chaque torche est de cinq minutes au moins.

Le but de ces signaux est de permettre, la nuit, à un conducteur placé à l'arrière d'un train marchant lentement mais, cependant, encore assez vite pour qu'il ne puisse pas descendre et poser des pétards, de se protéger, en laissant tomber, dans l'entrevoie, une torche allumée.

Ces signaux ont la signification suivante : les torches produisant une flamme de couleur rouge sont affectées à la protection des trains circulant dans le sens descendant et celles produisant une flamme de couleur verte sont affectées à la protection des trains circulant dans le sens montant. La flamme de ces torches se distingue facilement des feux des signaux de nuit ordinaires. En conséquence, pour les trains descendants une flamme rouge, et pour les trains montants une flamme verte, brûlant sur la plate-forme de la voie, indique aux agents des trains ou machines en circulation que leur train ou leur machine est précédé, à moins de cinq minutes d'intervalle, par un train en mauvaise marche; et leur devoir, en pareil cas, est de se rendre immédiatement maîtres de la vitesse du train ou de la machine et d'avancer ensuite prudemment en conservant la possibilité de s'arrêter dans l'espace de voie libre ; si, après avoir marché ainsi pendant cinq minutes, ils n'aperçoivent pas un nouveau feu, ils reprennent leur vitesse en redoublant d'attention.

Emploi des feux-signaux. — Les feux-signaux sont enfermés dans des boîtes cylindriques en cuir semblables à celles en usage pour les signaux-pétards. Chaque boîte contient six torches produisant une flamme rouge et six torches produisant uue flamme verte ; chacune d'elles porte un numéro d'ordre ayant pour but d'en faciliter la reconnaissance et la désignation.

Avant le départ de chacun des trains qui doivent être munis de feux-signaux, un agent désigné par le chef de gare remet la boîte au conducteur d'arrière en présence du chef de train qui constate qu'elle est bien complète par une note portée sur le journal du train. A l'arrivée à la gare terminus du train, un agent de la gare reprend la boîte, dont il vérifie le contenu également en présence du conducteur-chef qui constate à nouveau, dans son rapport, l'état dans lequel elle se trouve, en justifiant, s'il y a lieu, l'emploi des torches manquantes ; la boîte est ensuite réexpédiée dans les mêmes conditions à son point de départ, conformément aux indications du roulement.

Si, en cours de route, les torches remises à un train se trouvent épuisées ou sur le point de l'être, le conducteur d'arrière en avise la première gare de réserve désignée par le roulement, et le remplacement des torches s'effectue en présence du conducteur-chef qui mentionne le fait à son rapport en justifiant l'emploi de celles qui manquent. Le chef de la gare de réserve signale également le fait à son rapport journalier.

L'attention des conducteurs est tout particulièrement appelée sur les soins à apporter dans l'usage de ces signaux qui sont d'un prix élevé et dont l'emploi non justifié serait sévèrement réprimé. Il leur est, à ce sujet, recommandé de la manière la plus formelle de n'en faire usage que quand il est absolument impossible de descendre pour poser des pétards qui doivent toujours être employés de préférence.

En conséquence, un conducteur d'arrière qui constate que la vitesse de son train, bien que n'étant pas suffisamment ralentie pour lui permettre de descendre, l'est cependant assez pour lui faire

craindre qu'il soit rejoint par un train ou une machine marchant dans le même sens, doit laisser tomber dans l'entre-voie, après l'avoir allumée ainsi qu'il est dit plus haut, une torche de la couleur voulue et s'assurer que cette dernière brûle bien. A cet effet, le conducteur doit choisir de préférence, pour laisser tomber la torche, le moment où son train se trouve dans un alignement droit afin qu'il puisse voir la flamme et surtout que cette dernière puisse être aperçue du plus loin possible par les agents des trains ou machines survenant dans le même sens.

Cette prescription est essentielle et les conducteurs doivent l'exécuter avec le plus grand soin, afin que la torche tombe toujours sur la plate-forme de la voie en dehors de laquelle elle pourrait occasionner des incendies ; la vitesse ralentie du train en rend d'ailleurs l'exécution des plus faciles.

Il est, en outre, recommandé de laisser tomber la torche immédiat[illegible]près avoir allumé la mèche et de ne pas attendre que la [illegible] ent[illegible]lle-même en combustion, car alors le choc pourrait [illegible]dre.

E[illegible]es sig[illegible]x paraissent surtout efficaces sur les sections de ligne o[illegible]r sui[illegible] profil, il est plus difficile d'obtenir un prompt arrêt.

Ces feux-s[illegible]ux [illegible]stituent assurément une complication dans la marche des t[illegible]s, e[illegible]r utilité semble très contestable. Avant de recommander leur [illegible]ér[illegible]ation, il faudrait établir le relevé des services qu'ils ont rendu[illegible] dépenses auxquelles ils ont donné lieu.

§ 7. — LES CLOCHES ÉLECTRIQUES.

Ces appareils fonctionnent sans moteur mécanique et ne se composent que d'un simple électro-aimant de forte dimension, d'un marteau et d'un timbre.

La palette de fer doux, qui est mise en mouvement par l'action magnétique des barreaux de l'électro-aimant, est suspendue par une

lame de ressort fixée à la partie supérieure du support de l'électro-aimant. La tige du marteau est reliée par une articulation à la partie inférieure de la palette de fer doux, afin de permettre au marteau de continuer sa course pour frapper sur le timbre, lorsque la palette vient buter sur le barreau inférieur de l'électro-aimant.

Le timbre a 35 centimètres de diamètre; le marteau pèse 600 grammes, sa course est de 40 millimètres et sa disposition permet de le comparer à un pendule.

Lorsqu'un courant électrique circule dans le fil de l'électro-aimant, il se développe instantanément une aimantation très énergique des barreaux, lesquels attirent la palette de fer doux et le marteau qui frappe sur la cloche le nombre de coups convenu.

§ 8. — INSTRUCTION CONCERNANT LE SERVICE DES APPAREILS INDICATEURS DESTINÉS A LA TRANSMISSION DE SIGNAUX ENTRE DEUX POSTES, ET ÉTABLIS SUR CERTAINES SECTIONS DU RÉSEAU.

Des appareils indicateurs, destinés à la transmission de signaux entre deux postes, peuvent être établis sur certaines sections du réseau désignées par des instructions spéciales, lesquelles décriront le système adopté et en détailleront la manœuvre.

Ces appareils ont pour but d'empêcher deux trains ou deux machines de s'engager sur la même voie entre deux postes indicateurs consécutifs et, par conséquent, de substituer, à l'intervalle de temps réglementaire à maintenir entre les trains qui se suivent, la distance kilométrique qui existe entre chaque poste.

A cet effet, la ligne est divisée en un certain nombre de sections séparées entre elles par un poste muni d'appareils indicateurs. Chaque poste correspond avec les postes voisins de manière à annoncer le départ et l'arrivée des trains ou des machines.

A chacun des postes indicateurs, des agents ou stationnaires sont spécialement chargés de la manœuvre des appareils. L'emplacement

de ces postes sera déterminé de concert avec le service du contrôle de l'État.

Description des appareils Regnault. — Un poste tête de ligne se compose d'une pile, d'une sonnerie et d'un appareil ayant extérieurement deux cadrans parallèles munis chacun de deux aiguilles, l'une indicative, l'autre de répétition, et de deux poussoirs ou boutons de départ et d'arrivée. Les aiguilles, verticales lorsque la voie est libre, peuvent s'incliner, l'une à droite, l'autre à gauche, selon la direction du train à signaler.

Un poste intermédiaire peut être considéré comme la réunion de deux postes têtes de ligne, affectés chacun au service d'une section de ligne.

L'agent du poste, qui transmet un signal de départ, ne peut le supprimer ; celui qui le reçoit peut seul le modifier.

Le signal, une fois donné, reste fixe jusqu'à ce que le signal suivant soit transmis ; il peut, par conséquent, être consulté à chaque instant.

Fonctionnement des postes indicateurs. — ARTICLE PREMIER. — Deux trains ou machines ne doivent pas, sauf l'exception prévue à l'article 5, se trouver en même temps sur la même voie, dans l'intervalle compris entre deux postes indicateurs consécutifs.

ART. 2. — Lorsqu'un train ou une machine part d'un poste indicateur, le stationnaire le signale immédiatement à son correspondant du poste suivant, dans le sens de la marche du train.

Aussitôt que le train ou la machine a atteint le poste du stationnaire auquel il a été signalé, ce dernier agent répond par un signal indiquant que ce train ou cette machine est arrivé. On peut considérer alors comme certain que la voie est libre entre les deux postes.

Les mêmes opérations sont successivement répétées de poste en poste, au fur et à mesure de la marche du train ou de la machine.

ART. 3. — Chaque poste indicateur est muni de signaux fixes

avancés, manœuvrés dans les conditions ordinaires par les soins du stationnaire. Chacun de ces signaux doit être tourné à l'arrêt aussitôt que le stationnaire a l'assurance qu'il a été dépassé par la machine ou le train survenant, et il est maintenu dans cette position jusqu'à ce que cet agent ait reçu du poste suivant le signal indiquant que le train ou la machine vient d'atteindre ce poste; toutefois, si, par suite de dérangement de l'appareil ou de toute autre cause, ce signal ne parvenait pas en temps utile, le stationnaire devra se conformer aux prescriptions de l'article 5.

Art. 4. — Un signal fixe carré, peint en rouge et muni de deux feux rouges la nuit, est établi à chaque poste indicateur, pour chaque direction.

Ce signal est manœuvré par le stationnaire et tourné à l'arrêt aussitôt après le départ ou le passage des trains et des machines ; il ne peut être effacé, de même que le signal fixe avancé, qu'après la réception du signal de la voie libre.

Dans les gares, le signal carré est placé soit en tête de chaque quai, par rapport à la marche des trains, soit au delà près des aiguilles des voies de gare, s'il en existe, et toujours de façon à être facilement aperçu du chef de gare, auquel il indique si la voie est libre ou occupée. En conséquence, les chefs de gare ne doivent faire partir les trains ou les machines qu'après s'être assurés que le signal carré indique bien que la voie est libre.

Lorsque, pour une manœuvre ou un garage à exécuter dans une gare, la machine doit dépasser un signal carré à l'arrêt, celui-ci est effacé, à la demande du chef de gare ou de son représentant, qui doit s'assurer préalablement que le mécanicien a compris la manœuvre à exécuter ; ce signal est replacé à l'arrêt, s'il y a lieu, dès que la machine l'a franchi.

Pour le départ d'un train garé, on procédera comme pour le départ ou le passage d'un train sur la voie principale. Lorsqu'il existe une voie de garage placée au delà du poste de la gare, la sortie de cette voie sera défendue par un signal carré jaune qui ne pourra être manœuvré que par le stationnaire.

Art. 5. — Lorsque, par suite de dérangement de l'appareil indicateur ou de toute autre cause, un stationnaire ne reçoit pas en temps utile l'indication que la machine ou le train qu'il a signalé a atteint le poste suivant, les signaux doivent être maintenus à l'arrêt depuis le moment du passage ou du départ de ce train ou de cette machine, savoir :

Pendant dix minutes au moins, s'il n'existe pas, entre les deux postes, de tunnel en ligne droite de 1,000 mètres de longueur et au-dessus ou en courbe de 600 mètres de longueur et au-dessus ;

Et pendant vingt minutes au moins, s'il existe un tunnel dans les conditions ci-dessus indiquées.

Toutefois une machine ou un train peut être expédié avant l'expiration de l'un de ces délais, sous les réserves suivantes :

1° S'il n'existe pas de tunnel en ligne droite de 1,000 mètres de longueur et au-dessus, ou en courbe de 600 mètres de longueur et au-dessus, entre les deux postes, un train ou une machine pourra être expédié, c'est-à-dire que le signal carré pourra être effacé, après cinq minutes écoulées depuis le départ ou le passage de la machine ou du train précédent, alors que le chef de gare ou son représentant, ou le stationnaire, suivant le cas, aura prévenu le conducteur-chef et le mécanicien et aura prescrit à ce dernier, en s'assurant qu'il a bien compris, de marcher lentement et avec prudence jusqu'à ce qu'il ait rejoint la machine ou le train précédent ou atteint le poste suivant.

2° S'il existe entre les deux postes un tunnel en ligne droite, de 1,000 mètres de longueur et au-dessus, ou en courbe de 600 mètres de longueur et au-dessus, une machine ou un train ne pourra être expédié qu'après dix minutes écoulées depuis le départ ou le passage de la machine ou du train précédent, et alors que le conducteur-chef et le mécanicien auront été prévenus, ainsi qu'il est dit au paragraphe précédent, et que le mécanicien aura, en outre, reçu et compris la recommandation de marcher à une vitesse qui n'excèdera pas 15 kilomètres à l'heure, sous le tunnel, en doublant de précaution. Dans l'un comme dans l'autre cas, le chef de gare ou le stationnaire, avant d'expédier la machine ou le train qu'il aura arrêté, remettra au

mécanicien un bulletin détaché d'un carnet à souches, rappelant les recommandations ci-dessus.

ART. 6. — Dans les gares, les chefs de gare doivent relater dans leur rapport journalier les arrêts qui ont été commandés par les stationnaires. Entre les gares, les stationnaires dressent chaque jour un état indiquant les numéros des trains et l'heure de leur passage, ainsi que l'heure de passage des machines devant leur poste, en relatant les arrêts qu'ils ont commandés.

ART. 7. — Les dérangements qui peuvent survenir dans l'appareil doivent être immédiatement signalés, par la voie la plus prompte, au service compétent qui est désigné dans les instructions spéciales.

ART. 8. — Dans les gares pourvues d'un appareil indicateur, les chefs de gare doivent, toutes les fois qu'ils entreprennent des manœuvres engageant les voies principales, avoir le soin de protéger ces manœuvres à l'aide des signaux avancés établis de part et d'autre de leur gare, quand bien même l'appareil indicateur ne leur annoncerait l'approche d'aucun train ni d'aucune machine.

ART. 9. — Lorsque, dans une gare pourvue d'un appareil indicateur, il y a lieu de fermer une des voies principales pour des manœuvres, l'agent qui dirige ces manœuvres doit en prévenir le stationnaire du poste indicateur, qui tourne à l'arrêt le signal avancé pour fermer la voie, si cet appareil n'est pas déjà tourné pour maintenir l'écart des trains ou des machines ; le stationnaire laisse la voie fermée jusqu'à ce qu'il ait été prévenu, par l'agent dirigeant les manœuvres, que ces manœuvres sont terminées ; et ensuite il ouvre la voie s'il n'y a aucun inconvénient à le faire.

ART. 10. — Le présent ordre sera affiché dans les guérites des stationnaires des postes indicateurs.

CHAPITRE X

Les voitures et les wagons.

Le mécanicien doit connaître la nature de tous les véhicules ; car dans un moment critique il peut être appelé à les réparer.

Aujourd'hui il existe un nombre infini d'espèces de wagons, mais il n'y a plus guère que trois types de voitures à voyageurs pour les trois classes. Par un sentiment de convenance, on a aboli partout les voitures-debout découvertes, dans lesquelles — comme ce nom l'indique — les voyageurs économes, paysans avec leur sac sur l'épaule, paysannes avec leur panier sur la tête, restaient debout, ou s'accroupissaient s'il y avait de la place ; puis venaient les voitures-tombereaux, qui ont disparu également ; c'étaient des caisses en bois avec quelques banquettes, où l'on entassait hommes, femmes, enfants et chiens.

Pour se rendre compte de cette piteuse manière de voyager, l'auteur a circulé souvent dans ces trains à bon marché, où il recevait en plein la fumée de la machine et la poussière du ballast, arrosée par des averses. Nous sommes déjà loin de cette époque sur laquelle nous jetons un regard de dédain, exactement comme le fera la génération future par rapport aux systèmes actuels, quand elle jouira de tout ce luxe qu'il est aisé de prévoir et même d'indiquer.

Ce qui préoccupe le mécanicien bien plus que ces agréments dont il ne pourra profiter qu'à partir de sa mise à la retraite, ce sont les modes de construction des véhicules à quatre ou à six roues, dits :

wagons français, ou anglais, ou rigides ; et les wagons américains ou articulés à huit roues.

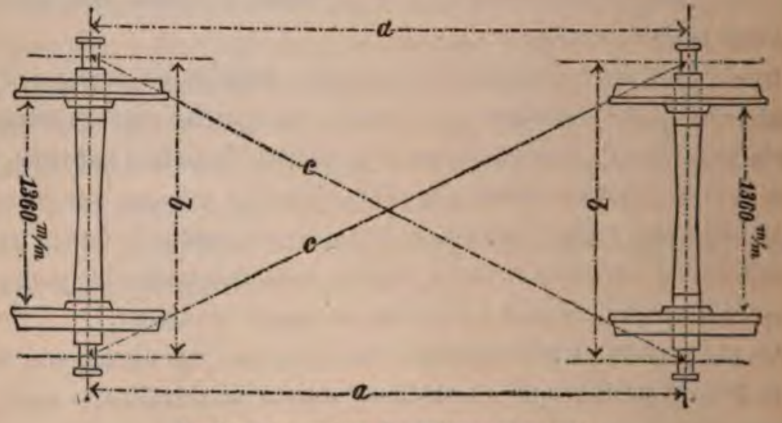
§ 1. — LES RÈGLES SOMMAIRES DE LA CONSTRUCTION DES VOITURES ET WAGONS.

Au point de vue de la construction, on distingue dans les voiture[s] et wagons : le châssis et la caisse, les essieux avec les roues et leu[r] suspension, enfin les appareils de traction et de choc.

Châssis et caisse. — Les châssis sont généralement en fers à T fortement entretoisés en diagonale. La caisse est en bois, ou en fer e[t] bois; exceptionnellement, il y a des caisses entièrement en tôle de fe[r] pour les liquides, la houille, etc. La fabrication des caisses de voiture est une affaire de carrosserie.

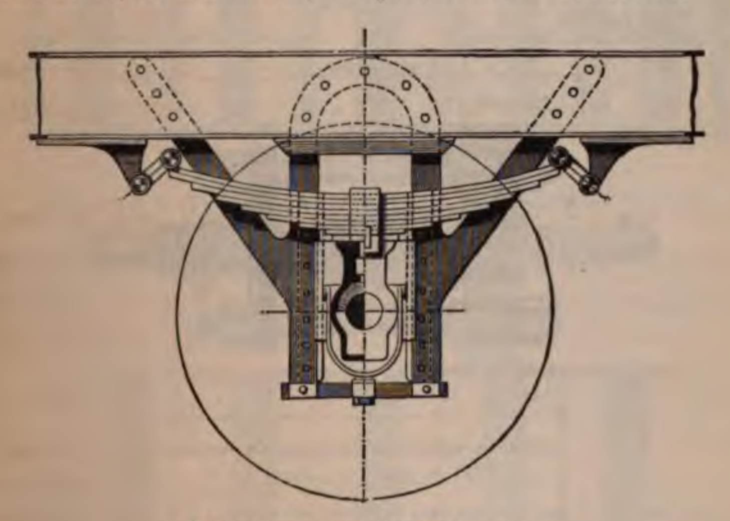
Roues et essieux. — Le diamètre des roues de chaque essieu doi[t] être exactement le même, et les essieux doivent être parallèles et à angle droit sur l'axe du wagon. Si ces préceptes ne sont pas observés on court risque de provoquer des déraillements.

Pour constater la position correcte des essieux, on mesure les lignes *a*, *b* et *c*, qui devront concorder à 1 millimètre près.



Position des essieux des voitures et wagons.

Ce qui a été dit au sujet des essieux de locomotives s'applique également aux essieux des voitures et wagons. Lors de la revision, il faut examiner s'ils sont droits, s'il n'y a pas la moindre fissure et si les bandages sont solidement calés. Cette revision a lieu après un parcours de 30,000 kilomètres, ou après deux ans de service.



Modèle d'un ressort d'essieu de wagon.
1/20 de grandeur naturelle.

Les lames des ressorts sont au nombre de onze en moyenne pour les voitures, et de huit pour les wagons.

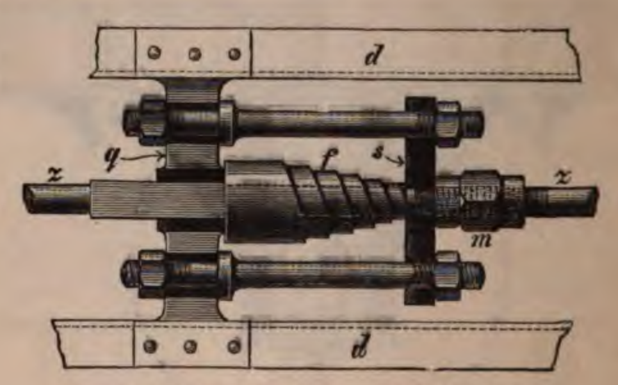
Attelage des voitures et wagons. — A chaque voiture ou wagon se trouve en avant et en arrière un appareil de traction élastique, autant pour éviter aux voyageurs la secousse si désagréable produite par la brusque tension des chaînes d'attelage, que pour ménager le matériel qui durerait indéfiniment s'il n'éprouvait pas de chocs.

Cet appareil se compose : des tiges de traction avec tampons, des ressorts et des chaînes de sûreté. On emploie également des ressorts en spirale ou volute d'acier, ou en caoutchouc.

Pour atteler tous les véhicules d'un train les uns aux autres, on emploie les tendeurs. Le tendeur est une tige à vis placée entre les deux crochets de traction et qu'on serre par des écrous ; — dans les

tendeurs élastiques, la tige à vis est en deux parties reliées par des ressorts. Dans ce cas, les ressorts de traction peuvent être supprimés, mais les chaînes de sûreté doivent toujours être appliquées comme surcroît de précaution, si les tendeurs ne fonctionnaient pas.

Ces dispositions sont à peu près celles qui se rencontrent à la locomotive et au tender.



Ressort en spirale de l'appareil de traction.
1/10 de grandeur naturelle.

d, fer d'attache ; *z*, tige de traction ; *f*, ressort en spirale ; *q* et *s*, barres d'appui ; *m*, écrou de régularisation.

Pour que les véhicules d'un train puissent former un ensemble, on donne aux appareils de traction partout les mêmes dimensions et les mêmes distances entre elles, qui sont déterminées par des prescriptions très rigoureuses, à cause du transit. Il y a aussi un écartement convenable entre les wagons, afin que les hommes d'équipe ne reçoivent pas de coups de tampon lors du rangement des trains.

§ 2. — LES DIVERS MODÈLES DE VOITURES ET DE WAGONS.

Les dessins ci-après à 1/100 de grandeur naturelle se rapportent à des types étrangers ; quant aux nôtres, on les connaît suffisamment.

Voiture mixte à voyageurs. — Le chauffage a lieu au moyen de vapeur ou de briquettes en charbon de bois qui se consument lentement

dans des tuyaux placés sous les sièges. Cette voiture renferme un coupé de 1re classe pour 6 voyageurs, et quatre coupés de 2e classe pour 32 voyageurs.



Voiture mixte à voyageurs à 3 essieux.
Longueur de la voiture, 9m,60 ; poids sans frein, 260 quintaux métriques; avec frein, 280 quintaux métriques.

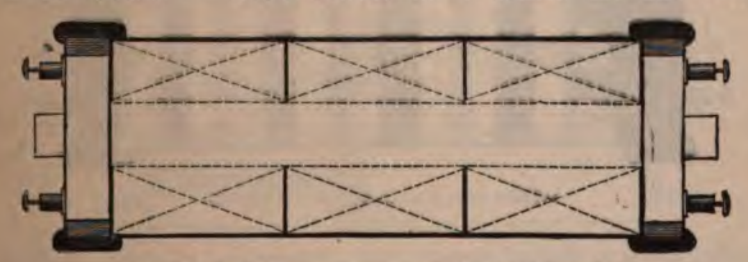
Voiture de 3e classe. — Elle contient 50 places. Les dossiers *a* et *b* vont jusqu'en haut, et forment des compartiments séparés pour



Voiture de 3e classe, à 2 essieux.
Longueur, 8m,10 ; poids avec frein, 190 quintaux métriques; sans frein, 170 quintaux métriques.

dames et non-fumeurs ; les autres dossiers ne vont qu'à la moitié de la hauteur. Cette voiture est chauffée au moyen de poêles.

Voiture-debout. — Cette voiture de 4e classe est une voiture-



Voiture de 4e classe avec intercommunication à 2 essieux.
Longueur, 7m,60; poids avec frein, 168 quintaux métriques.

debout, mais couverte ; elle peut renfermer 60 voyageurs. Les quatre cloisons divisent cette voiture — si l'on peut donner ce nom à pareille chose inhumaine — en six compartiments où les cultivateurs, les bergers et les ouvriers sont parqués. Ce véhicule est chauffé par des poêles ; on ne le rencontre plus que dans quelques contrées du Nord.

Ces voitures, à cause de l'intercommunication, peuvent en temps de guerre servir de trains de lazaret. On peut y placer douze lits par deux l'un au-dessus de l'autre. Cette intercommunication permet aux médecins de visiter en route leurs malades. Sauf ce cas spécial, on n'est pas d'accord sur l'utilité ou l'agrément de ce couloir au milieu des voitures américaines ouvertes aux deux bouts. On leur reproche : la perte de la place occupée par ce couloir, le dérangement continuel occasionné par l'arrivée de nouveaux voyageurs, les promenades continuelles des conducteurs et contrôleurs à travers tout le train, enfin l'absence du chez soi, lequel ne peut se trouver que dans les coupés.

Voiture avec couloir latéral. — Elle offre plus de sécurité en cas de choc, attendu qu'il y a un grand espace entre les tampons et les dossiers ; en outre les voyageurs peuvent être surveillés sans qu'on les dérange. L'appel des stations peut avoir lieu avant l'arrivée. Il

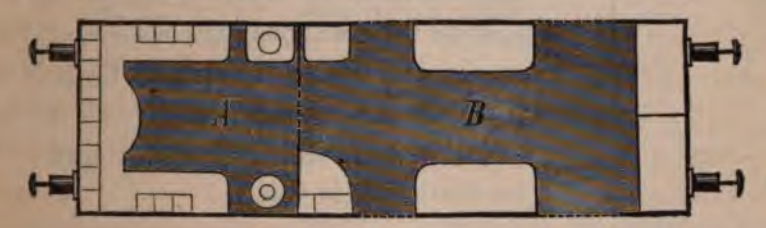


Voiture avec couloir latéral à 3 essieux.

faut citer aussi la sortie rapide des voyageurs et leur classement d'après la destination.

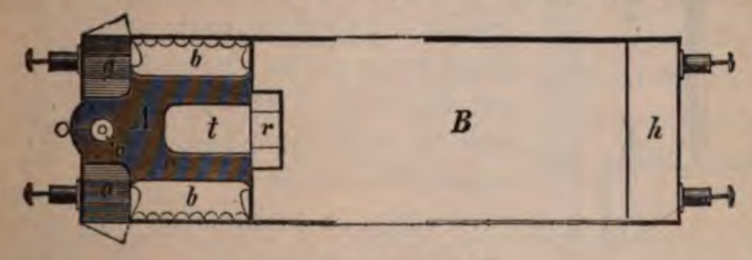
Les voitures avec intercommunication permettent d'intercaler des wagons-restaurants où le public se fait servir pendant le voyage.

Wagon-poste. — Il est séparé en deux parties, comme précédemment. Le dessin haché indique le plancher ; les places blanches sont les tables, les sièges et les meubles.



Wagon-poste à 3 essieux.
A, bureau ; B, dépôt des paquets ; longueur, 9m,60.

Wagon à bagages ou fourgon. — Il est divisé en deux compartiments : l'un, A, destiné au personnel ; l'autre, B, aux bagages. Afin



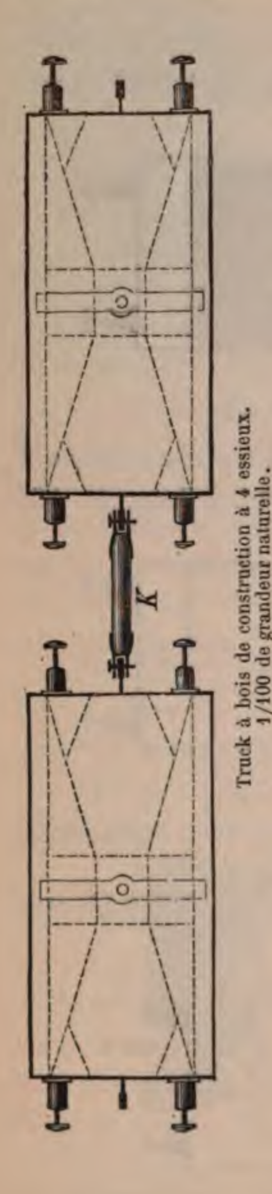
Wagon à bagages à 3 essieux.
b, bancs ; *t*, table ; *r*, canapé ; *o*, poêle ; *aa*, escaliers ; *h*, caisse des chiens ; longueur, 9m,45 ; poids avec frein, 210 quintaux métriques.

que le chef-conducteur puisse surveiller le train, son coupé dépasse le toit des autres voitures de 0m,70.



Wagon à marchandises à 2 essieux.
A, compartiment des hommes ; *b*, bancs ; B, écurie ; PP, stalles ; L, ratelier ; longueur, 7m,20.

Wagon à marchandises couvert. — Il peut être transform
wagon militaire. (Voir le dessin à la page précédente.)



Truck à bois de construction à 4 essieux.
1/100 de grandeur naturelle.

Truck ou wagon plate-forme. — Ce s
men, destiné au transport de bois de cons
tion, de mâts, de troncs d'arbres, est
posé de deux wagons attachés ensembl
moyen d'une tige de traction K. Les bois
posés sur une traverse avec cheville ouv
dans chaque wagon, et peuvent ainsi s
les courbes de la voie.

Wagonnet. — Il y a encore une
espèce de wagon sur laquelle le mécan
doit avoir l'œil ouvert, — c'est le wago
draisine ou vélocipède, petite plate-forme
quatre roues que les poseurs font tourne
une manivelle. Il sert aux agents des
vaux et de la surveillance pour faire
tournée d'inspection.

Ce wagonnet constitue un train ext
dinaire non annoncé et qui marche sou
à contre-voie. Quand un train réglemen
s'approche, on porte vite le wagonnet
la voie. Il faut bien faire attention à
manœuvre, — surtout à l'entrée des dé
en courbe, — pour ne pas être culbuté.

CHAPITRE XI

La voie.

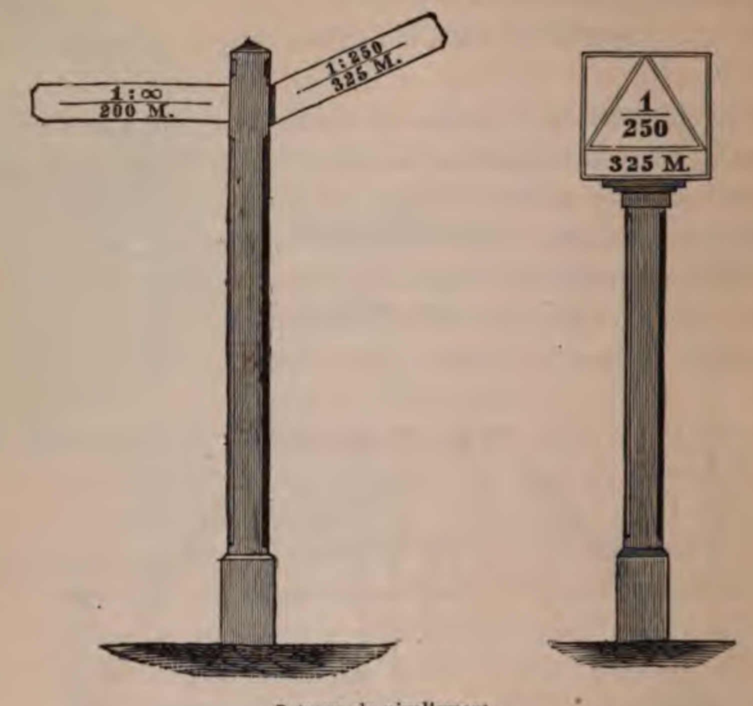
Pendant son premier voyage, le mécanicien est accompagné par un chauffeur ou un agent de l'entretien et de la surveillance qui connaissent le trajet à parcourir et qui appellent son attention sur les pentes et leur raccordement par les paliers ou sections horizontales, ainsi que sur les courbes et leur raccordement par des alignements ou lignes droites. Cette connaissance préliminaire lui est utile surtout dans les chemins de fer de montagne où se trouvent des inclinaisons de $0^m,025$ et des rayons de 300 mètres ; tandis que dans les chemins de fer de plaine les pentes sont de $0^m,005$ et les rayons de 1,000 mètres à peu près.

Entre ces deux espèces de chemins, les classificateurs ont intercalé les chemins de collines à $0^m,010$ et à 600 mètres.

Les limites du maximum ne sont pas absolues ; avec des machines extraordinaires, on franchit des tracés extraordinaires ; mais les grandes vitesses n'y sont plus admissibles.

Nivellement. — Sur les chemins de fer, on ne distingue pas à l'œil nu ni la rampe, quand on monte une déclivité, ni la pente, quand on descend cette même déclivité. Les pentes et les paliers sont indiqués, avec les longueurs correspondantes, sur des poteaux de nivellement placés à côté de la voie.

L'inclinaison des bras indique bien que la ligne est en pente, mais les chiffres peuvent à peine être lus dans le court intervalle du passage



Poteaux de nivellement.
1/50 de grandeur naturelle.

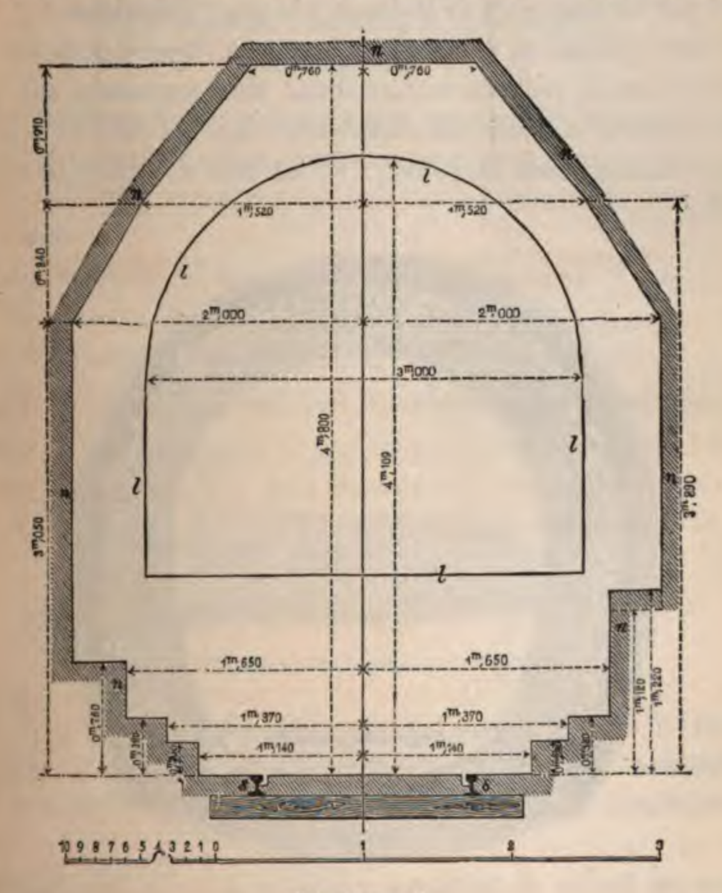
d'un train, car les bras se trouvent parallèlement à la voie. — Dans le second modèle, la plaque indicatrice est perpendiculaire à l'axe du chemin et les chiffres sont visibles de loin. En haut est inscrite la pente, et en dessous sa longueur.

§ 1. — LE PROFIL NORMAL DE LA VOIE.

Dans le principe, on n'était pas d'accord sur le gabarit des chemins de fer qui commande la hauteur des ponts et des tunnels, ou l'espace libre au-dessus et à côté des rails, et qui à son tour est commandé par la largeur de la voie.

C'est en Angleterre que la distinction entre la voie large de 1m,80 à 2 mètres et la voie étroite de 1m,45 a été établie. On a attribué à la voie large la stabilité, et à la voie étroite l'économie. Il y a

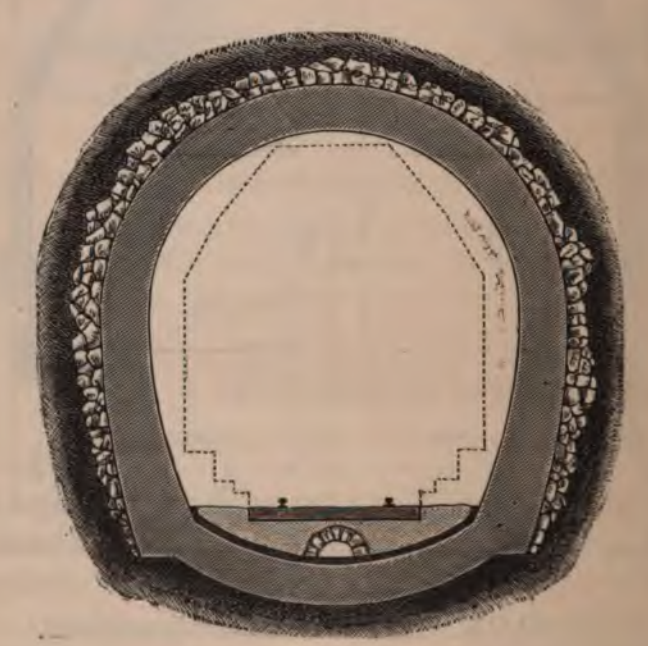
ingt-cinq ans qu'au centre de l'Europe il existait une voie large, en-ourée de la voie étroite, et il a fallu, dans l'intérêt du trafic interna-ional, transformer la voie large en la voie de 1^{m},45 qu'on est convenu d'appeler voie normale, mais qui est loin de l'être, car elle s'arrête à la frontière russe et espagnole. En outre, depuis l'établissement des chemins de fer secondaires, tertiaires, vicinaux, industriels, économiques, commerciaux, agricoles, miniers, houillers, communaux, particuliers, d'intérêt local, etc., — chaque pays a ses dénominations propres, — on appelle voie étroite ou réduite celle qui est au-dessous de 1^{m},45, — soit à 1 mètre, ou 0^{m},90, ou 0^{m},75, ou 0^{m},60 de largeur.



Gabarit normal.
1/50 de grandeur naturelle.

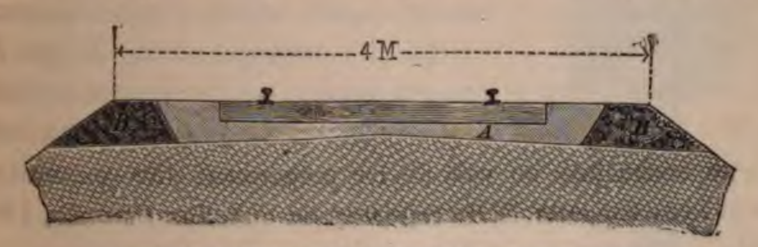
Gabarit des chemins de fer du centre de l'Europe. — Un trai peut toucher que les rails, car tout choc à des bâtisses, à des faudages, à des ouvrages d'art ou à des mécanismes pourrait duire d'incalculables malheurs. On a donc établi le profil norma profil libre, double pourtour neutre que rien ne doit dépasser. Les structions s'arrêtent à la ligne *nn* et le matériel roulant à la lig Le jeu est laissé par l'espace vide entre ces deux démarcat Aussi tout wagon chargé, avant d'être intercalé dans un train passer par le gabarit *ll*, cercle en fer flottant entre trois pot dont un porte une sonnette que le gabarit agite du moment qu heurté par un wagon. (Voir le dessin à la page précédente.)

Un pareil gabarit en planches est attaché à l'arrière d'un trai marchandises, la veille du voyage d'une tête couronnée, afin puisse s'assurer si la voie est entièrement libre à l'entrée des g dans les tunnels, sous les ponts.... et les arcs de triomphe en landés.



Gabarit normal inscrit dans un tunnel.
1/100 de grandeur naturelle.

Profil normal de la sous-structure. — Ce profil, dit normal avec 1m,45 d'écartement de rails, est adopté pour les chemins de fer de grande communication dans l'Europe centrale. Mais, quelle que soit la largeur de la voie en ligne droite, il faut l'augmenter dans les courbes de près

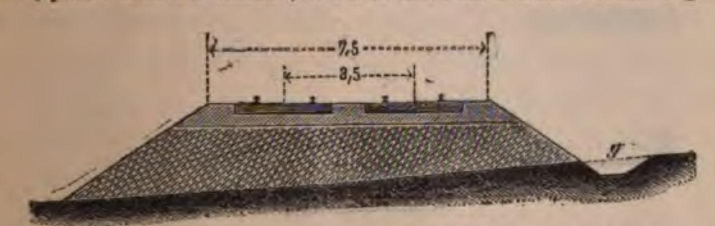


Profil de la fondation d'une voie de fer, ou sous-structure.

A, ballast ; B, banquette.

de 30 millimètres ; limite qu'il n'est pas prudent de dépasser, car le bandage des roues ne serait plus assez large pour porter sur les rails et il y aurait déraillement, comme nous l'avons vu dans le paragraphe des essieux.

Le ballast sur lequel repose la voie de fer est composé, suivant les localités : de sable, de gravier, de cailloux, de pierres cassées. — Pour donner de la stabilité aux navires, on jette à fond de cale des corps lourds appelés lest ou ballast, d'où le mot nouveau : ballastage.



Profil de double voie sur terrain incliné, avec fossé de décharge *g*.

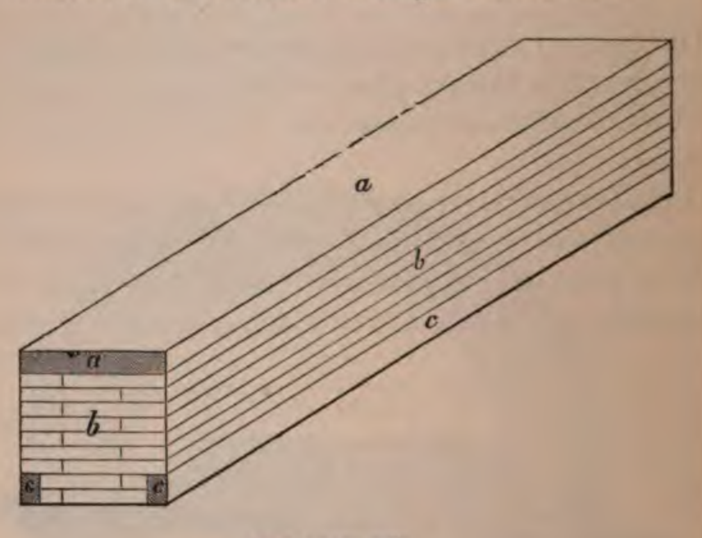
Si le ballast est formé de sable, il produit de la poussière qui se met facilement sur les fusées et provoque leur chauffage. Le mécanicien doit faire attention à cette dernière circonstance quand il passe sur le sable.

Les accotements B sont destinés à maintenir le ballast en place ; ils servent aussi de refuge aux gardes-ligne et aux hommes

d'équipe. Le mécanicien doit veiller de concert avec le chef de trai
les conducteurs à ce que, en cas de descente forcée par suite d'a
dent, tout le monde se tienne sur l'accotement, pour n'être pas
en écharpe dans l'entrevoie par une machine arrivant à l'improvi

§ 2. — LA SUPERSTRUCTURE.

La superstructure ou voie de fer proprement dite comprend
rails et leurs supports. Si les rails sont en direction normale, on
appelle : voie principale ; s'ils sont obliques : changements de voie
vant à transborder les véhicules d'une ligne sur une autre.

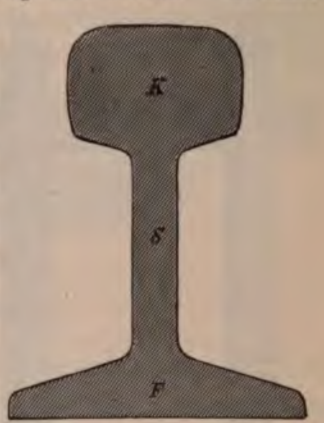


Paquet pour rails.
1/20 de grandeur naturelle.

Fabrication des rails. — Les rails en fer, ou en fer avec mise
cier, sont formés de paquets. Pour la tête *a*, qui est la partie la
importante du rail, on choisit une plaque du meilleur métal ; les
tres parties *b* du paquet sont composées de barres plates, et les c
c, de tiges en fer forgé. Le paquet, entouré de fil de fer, est fo
sous le marteau-pilon pour être réduit aux quatre cinquièmes de

dimension primitive; de là il passe sous les laminoirs pour recevoir la section voulue. On donne aux rails une longueur de 5 à 9 mètres.

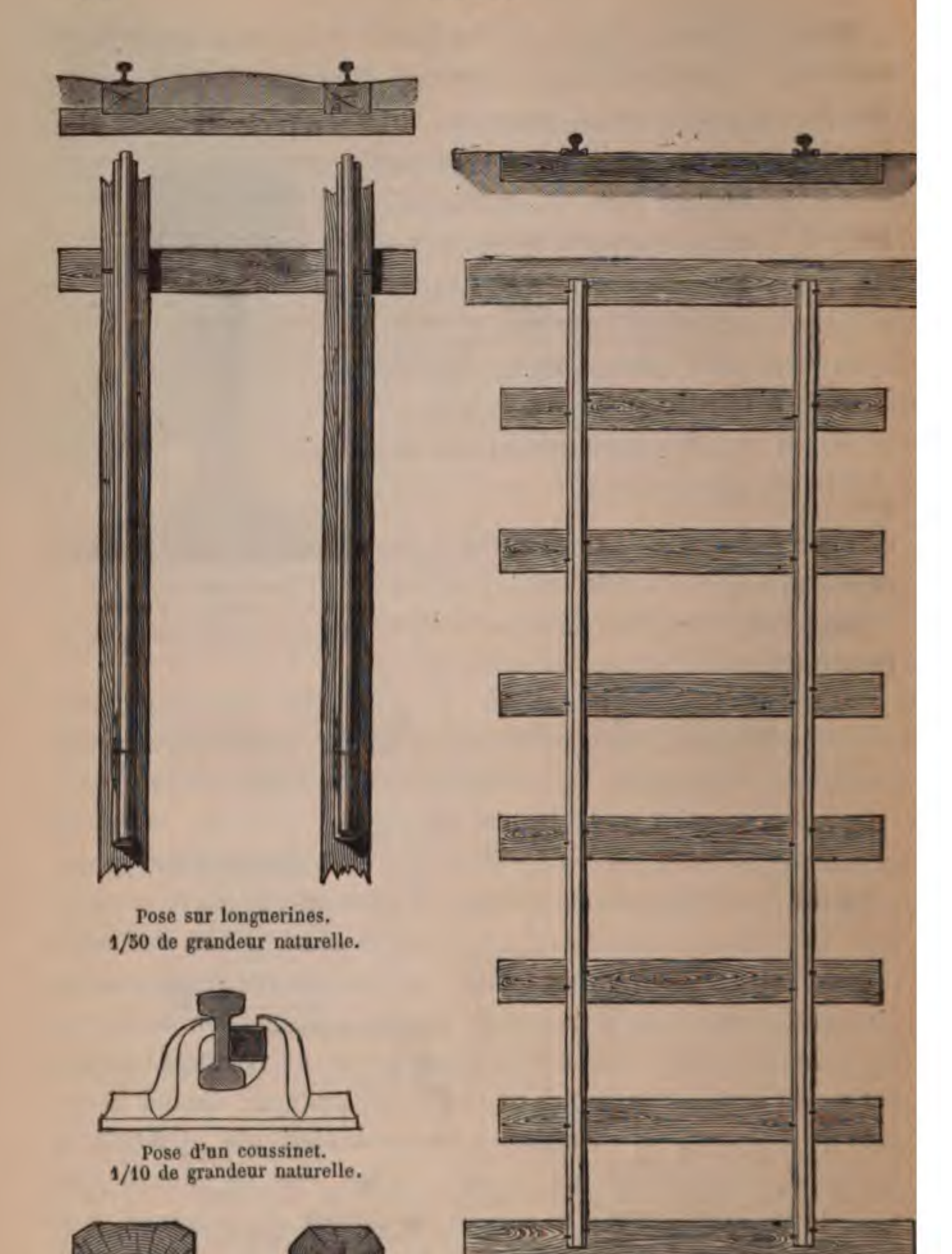
Profils des rails. — Il serait difficile — ou plutôt oiseux — de faire connaître cette énorme quantité de profils qu'on a donnés aux rails. Dans d'autres écrits, nous avons rapporté la conversation que nous avons eue avec M. Charles de Vignoles au sujet de son rail, et nous avons expliqué comment nous sommes parvenu à introduire sur nos lignes ce rail Vignoles, dit rail américain, qui se propage de plus en plus.



Rail Vignoles.
1/2 de grandeur naturelle.
K, tête ou champignon ; S, tige ;
F, pied ou base.

Supports des rails. — Cette question du support des rails, discutée depuis l'origine des chemins de fer, est encore loin d'être tranchée. Chaque ingénieur croit naturellement son système le meilleur ; l'un veut des longuerines dans lesquelles des traverses sont encastrées pour maintenir l'écartement des rails, l'autre préfère les traverses seules qui sont moins chères.

Le rail à double T ou à double champignon, posé sur coussinets en fonte et attachés sur des dés en pierre, était autrefois usité généralement ; on a fini par l'abandonner. Il présentait le grave inconvénient de causer un déraillement dès que les coins de bois destinés à le maintenir en place étaient tombés soit à la suite de grandes sécheresses, soit que, dans la crainte de briser le coussinet, on ne les eût pas assez enfoncés à coups de marteau. Au reste l'avantage tant préconisé du double T était plus théorique que pratique. Quand la surface de roulement du champignon supérieur était usée, on retournait le rail, mais c'était toujours un mauvais rail, car, ne pouvant plus s'appliquer exactement à la surface de contact du coussinet, il se trouvait en porte-à-faux et devait se briser, ce qui en effet est arrivé très souvent. On rencontre encore quelquefois en France et en Angleterre le double T, mais alors il est en acier.



Pose sur longuerines.
1/50 de grandeur naturelle.

Pose d'un coussinet.
1/10 de grandeur naturelle.

Traverse de joint et traverse courante.
1/20 de grandeur naturelle.

Pose sur traverses.
1/50 de grandeur naturelle.

Beaucoup de constructeurs, proscrivant et le bois et la pierre, posent — à l'instar de l'Anglais Barlow — les rails à base énorme, directement sur le ballast, ou encore ils les y enterrent à l'instar de l'ingénieur en chef Hartwich qui leur donne une hauteur démesurée; ce sont de véritables fers à T. L'écartement de ces rails est obtenu par des tirants dont la longueur varie avec la température; ils ne



Rail Hartwich.
1/25 de grandeur naturelle.

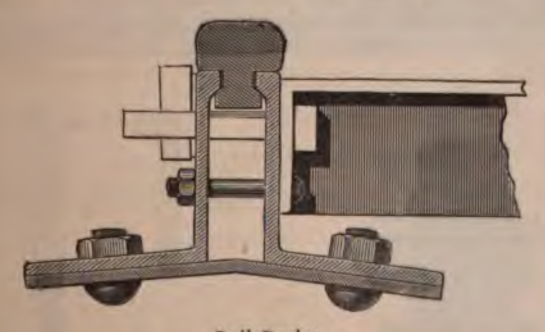
peuvent donc présenter aucune garantie d'écartement fixe. Malgré cet inconvénient, ces rails à haute tige sont adoptés dans plusieurs chemins.

Dans le spécimen Hilf, le rail très léger est posé sur des longuerines en fer.



Rail Hilf.
1/25 de grandeur naturelle.

Le rail Daelen est encore plus léger que le précédent.



Rail Daelen.
1/5 de grandeur naturelle.

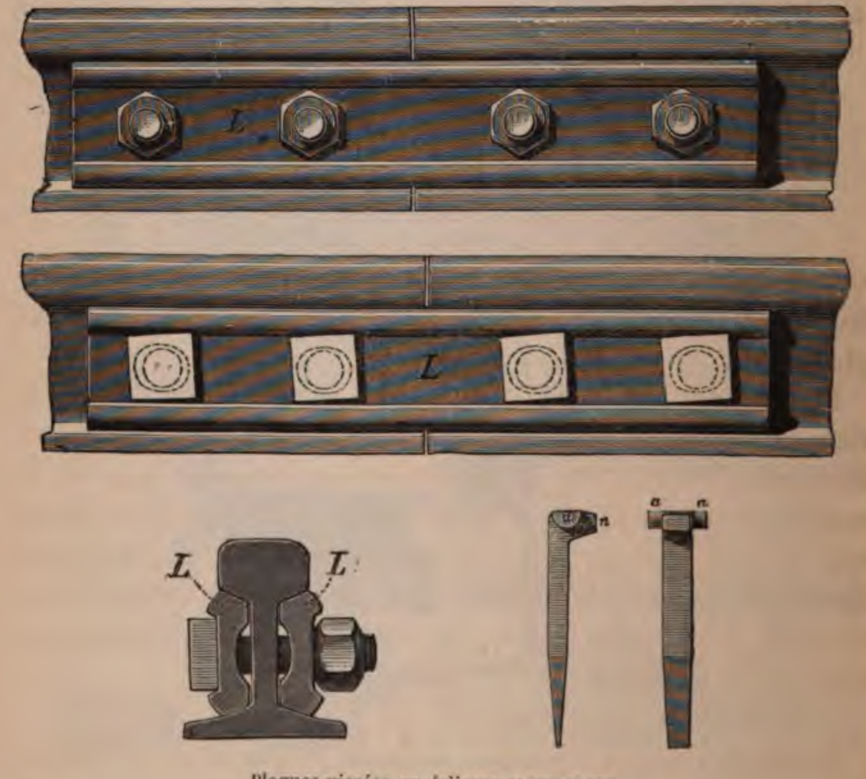
Le rail Vautherin a des traverses en fer. (Voir la figure suivante.)



Traverse Vautherin.
1/25 de grandeur naturelle.

Ces dernières constructions sont encore à l'essai, et jusqu'à présent elles n'ont pas donné des résultats bien concluants. Néanmoins un bel avenir leur est prédit, — par les inventeurs principalement.

Attache du joint des rails. — On a toujours cherché une liaison fixe entre les bouts des rails, et d'innombrables modèles ont été expérimentés ; ce tâtonnement a cessé le jour où nous avons introduit sur



Plaques vissées ou éclisses et crampons.
1/5 de grandeur naturelle.

nos lignes les plaques vissées imaginées par feu C. Ruppert, directeur de construction de la Société des chemins de fer austro-français. Le Chatelier a appelé nos plaques : éclisses. Ces éclisses L ont des trous de forme ovale pour permettre la dilatation des rails. Les clous *n*, ou chevilles d'attache du rail sur la traverse, ont des crochets *aa* pour faciliter leur sortie en cas de réparation. Comme ces têtes *aa* se cassent facilement, on n'emploie plus dans les nouvelles voies que des tire-fond, ou vis à tête carrée, qu'on entre et qu'on retire avec une clef.

Le joint des rails est souvent suspendu entre deux traverses en porte-à-faux. Il paraît illogique au premier abord de placer une fracture à côté d'un appui, car le joint, qui forme une solution de continuité, peut être considéré comme une fracture. Néanmoins on dit que



Joint de rail en porte-à-faux.
1/100 de grandeur naturelle.

dans cette position les têtes des rails se conservent mieux, que l'entretien des traverses de joints est moins coûteux et que la voie est plus douce.

En résumé, quel que soit le système à adopter, il faut éviter la complication qui est l'ennemie naturelle des chemins de fer. Robert Stephenson fit mettre devant lui divers rails avec leurs supports, et compta toutes les pièces ; — puis, s'étant décidé pour le système qui en avait le moins, il ouvrit un concours avec un prix assez élevé à gagner par celui de ses ingénieurs qui aurait enlevé le plus de pièces, dans la voie préférée, bien entendu ni en diminuant la sécurité, ni en augmentant les dépenses.

Coupements de voie et passages à niveau. — Quand un chemin de fer en croise un autre à angle droit, quand il le traverse, le coupe sans s'y embrancher, on appelle ce point un coupement ou traversée

de voie. Les rails de la voie principale restent entiers, les rails de la voie coupante sont coupés et surélevés : coupés, pour laisser passer les trains de la voie principale ; surélevés, pour que les rails principaux ne soient pas touchés. — On n'aborde ces coupements qu'avec prudence ; du reste la vitesse est déjà ralentie à l'entrée des gares, où se trouvent d'habitude les coupements.

Quand un chemin de fer coupe une route, on dit : passage à niveau. Dans ce cas, le chemin de fer reste tel quel, s'il n'y passe que des piétons qui n'ont qu'à faire attention pour ne pas se heurter contre les rails. Mais pour les voitures la ligne est pavée ; les rails y sont encastrés et garantis par des contre-rails qui laissent le jeu nécessaire pour le rebord des roues.

Le mécanicien connaît les passages à niveau ; il les surveille pour s'assurer que les barrières sont fermées. On a vu plus d'une fois des individus forcer la barrière, repousser le garde et s'engager sur la voie, malgré les ordonnances les plus sévères. Si la locomotive n'a pas pu être arrêtée à temps, justice a été faite. Tous ceux qui n'observent pas les règlements des chemins de fer, et qui ne respectent pas les employés de la surveillance, doivent disparaître de ce monde.

CHAPITRE XII

Les appareils de transbordement des véhicules d'une voie sur une autre voie.

Parmi les trois moyens de faire passer les véhicules d'une ligne sur une autre : changements avec aiguilles, plaques tournantes et chariots transbordeurs, — les aiguilles remplissent le mieux le but proposé, attendu que pendant le voyage tout un train peut changer de voie.

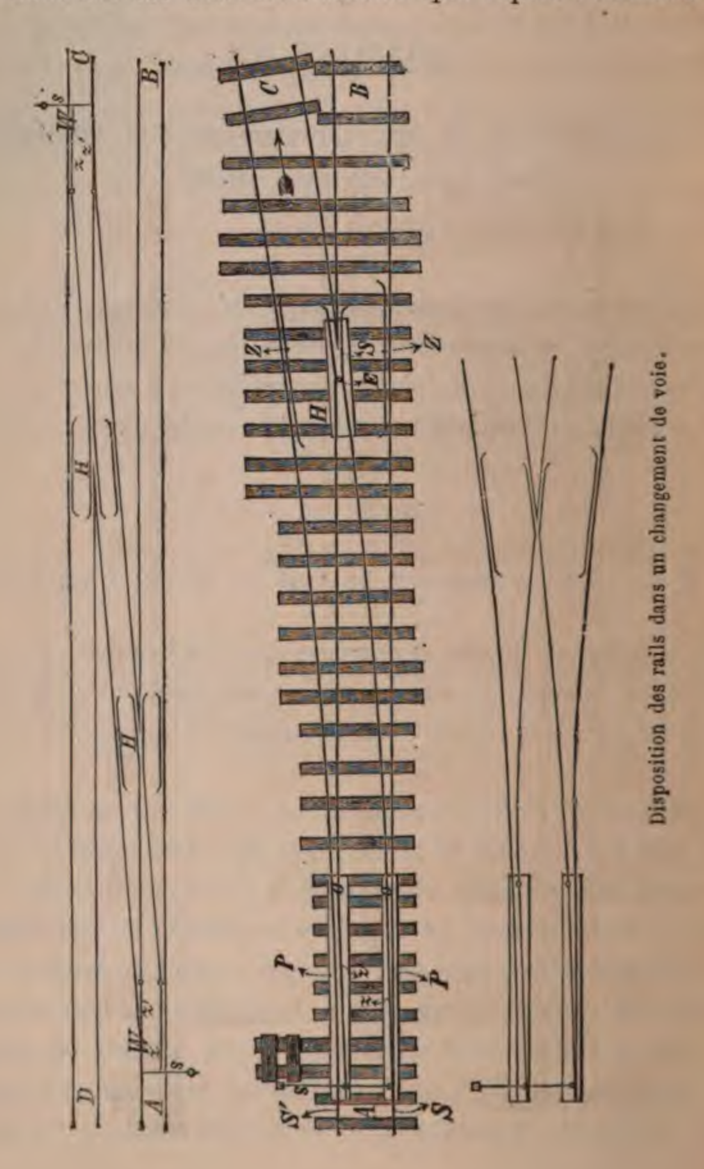
§ 1. — LE CHANGEMENT DE VOIE AU MOYEN D'AIGUILLES.

Le changement de voie se compose des rails liés ensemble par des rails effilés ou aiguilles, des cœurs de croisement et des leviers destinés à diriger les aiguilles. (Voir les dessins à la page suivante.)

Disposition des rails d'un changement de voie. — Pour relier les rails, on se sert des aiguilles W et du cœur de croisement H ; la figure du milieu indique cette disposition à une plus grande échelle. S est la pointe du cœur. Les aiguilles ou portions de rail effilées z et z' ne sont attachées au plateau P que par le point de rotation o ; leurs pointes sont réunies par une tige s, de manière que leur espacement reste toujours le même. L'aiguilleur n'a qu'à pousser ou qu'à tirer cette tige, l'aiguille en haut s'écarte du rail supérieur, et l'aiguille en bas se rapproche du rail inférieur. Dans cette position, un train qui

arrive sur la ligne AB, au lieu de continuer sa route vers B, est dirigé, ou plutôt se dirige lui-même vers C ; laissons-le en place et tirons la tringle *s*, qui vient d'être poussée ; un nouveau train venant de A se dirigera alors vers B.

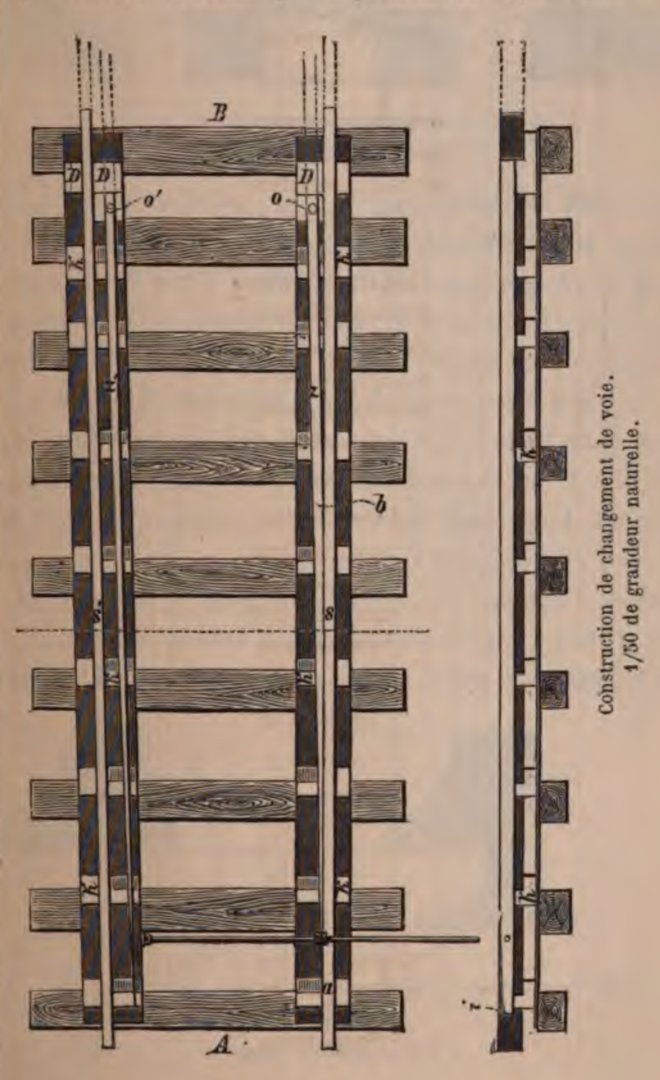
C'est donc sur ces deux mouvements que repose l'existence des



Disposition des rails dans un changement de voie.

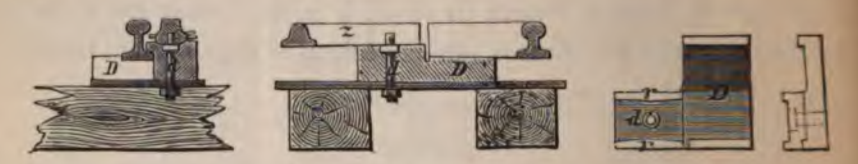
›urs. Si l'aiguilleur oublie de tirer cette tige, le second convo
ipitera sur celui de B ; — cette pensée fait frémir.

truction de changement de voie. — Nous y voyons les aiguilles
ec leurs supports K et les points de rotation o' et o sur les
D, D. Dans le dessin de détail à la page suivante, d est le
r, r sont les rebords qui empêchent le déplacement latéral.



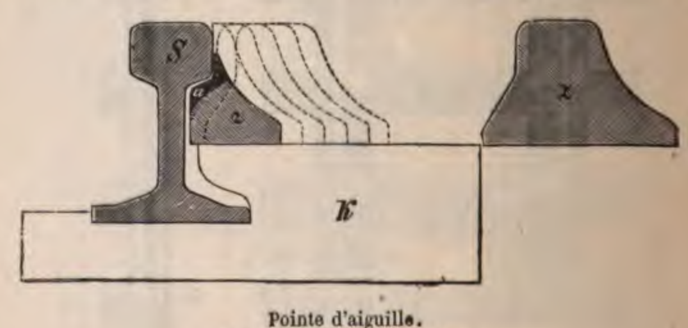
Construction de changement de voie.
1/50 de grandeur naturelle.

Un train se dirigeant de A vers B est dévié à gauche ; pour que cette déviation ait lieu doucement, l'aiguille z est un peu recourbée. Comme on ne courbe pas le rail s', mais seulement le rail s, et que ce rail et l'aiguille doivent se terminer parallèlement, alors on élargit un peu la voie pour faciliter le passage par le cœur de croisement.



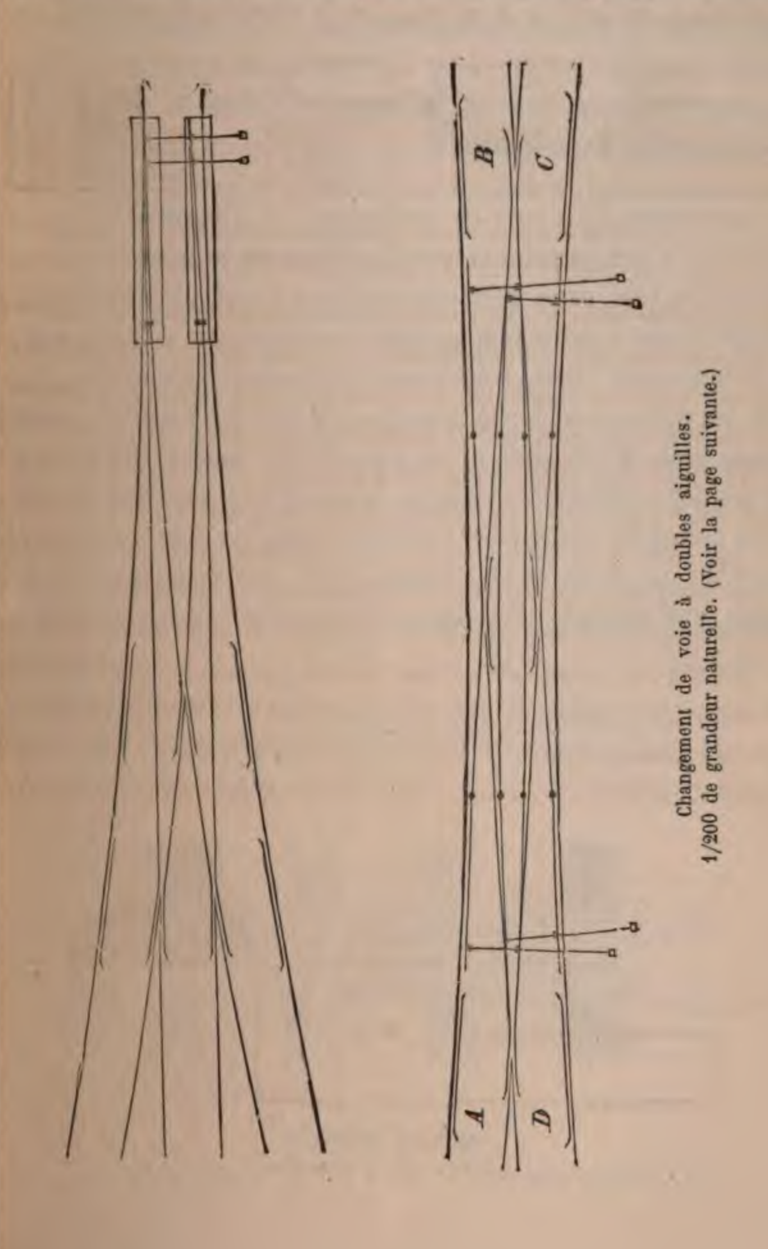
Détails de construction de changement de voie.
1/25 de grandeur naturelle. (Voir la page précédente.)

Afin d'éviter les déraillements, il est nécessaire que la pointe de l'aiguille se pose sans intervalle contre le rail, sinon le rebord de la roue peut se presser entre les deux rails ; l'une des roues suivra le rail s' et l'autre le rail s, et le véhicule déraillera. Si cependant il subsiste un intervalle, malgré l'action du contrepoids, cela provient de ce que l'aiguille z' est restée droite, tandis que l'aiguille z a été fléchie ; par cette flexion, il s'est produit des tensions dans le métal, et il en est résulté un changement de forme qu'on ne corrige que très difficilement. Au passage des trains, l'aiguille supporte une forte pression et, tout en s'appuyant contre le rail s qui reçoit la pression mais la transmet, l'aiguille se recourbe au point i. Il faut alors, pour répartir la pression, que la surface ab soit très étendue et que l'aiguille — pour résister aux pressions latérales — ait le profil ci-indiqué.



Pointe d'aiguille.
1/5 de grandeur naturelle.

S est le rail sur le support k et z la pointe de l'aiguille à droite dans on état avant l'épointage ; l'espace a laisse le jeu nécessaire. Si a est rès petit, le rail poussera la pointe vers le bas, ou la poussera de côté, uivant l'inclinaison des surfaces près de a. (Voir la figure précédente.)



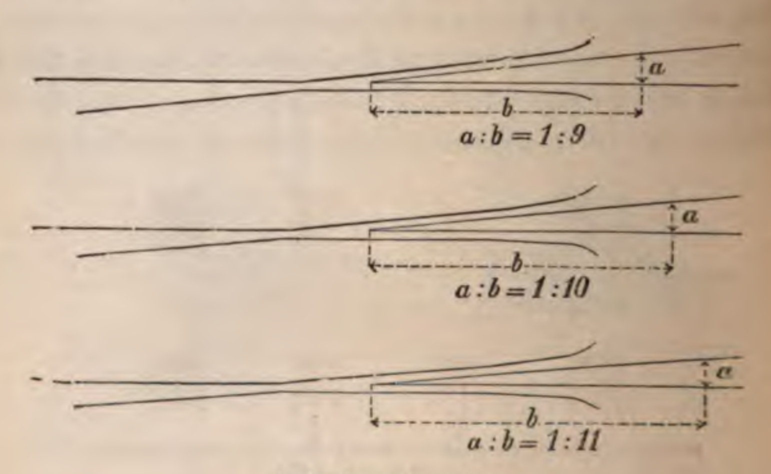
Changement de voie à doubles aiguilles.
1/200 de grandeur naturelle. (Voir la page suivante.)

Changement de voie avec aiguilles doubles. — Dans le changement (figure à gauche de la page précédente) avec aiguilles doubles, le train peut être dévié à droite et à gauche de la ligne principale.

Le second type (figure à droite) permet de passer des voies A et D sur les voies B et C, et de B, C sur A et D. On trouve que ce système établit le passage varié — dans un espace très restreint — des trains sur plusieurs voies, mais on lui reproche l'absence des contre-rails dans les cœurs de croisement.

Construction des cœurs de croisement. — L'intersection des deux voies, qui a lieu au point H (voir le dessin de construction de changement de voie, page 290), causerait une interruption des rails, sans l'emploi d'une construction spéciale nommée cœur de croisement, ou cœur tout court ; entre son milieu et sa pointe S, formée par les deux rails, les roues ne sont plus guidées, et pour les forcer à parcourir le chemin prescrit on place à cet endroit des contre-rails plus élevés que les autres rails et sur lesquels s'appuie le rebord des roues.

Les cœurs de croisement sont des bouts de rails en acier, reliés ensemble sur un plateau ou fondus d'une seule pièce dans des coquilles, puis trempés. C'est suivant l'angle de l'intersection des voies



Angles des croisements.

Ligne *a*, unité contenue dans la ligne *b* : 9, 10 ou 11 fois.

s doivent être disposés, et, pour n'avoir pas en magasin
l assortiment de ces pièces qui coûtent cher, on se borne
pécimens dont les plus usités correspondent à des incli-
/9, de 1/10 et de 1/11. (Figure à droite.)

à la page suivante est celui d'un croisement formé de
séparés A, B, C, D, courbés en *m* et rivés sur le sup-
ure à droite.)

et A forment la pointe *o*, qui est un peu arrondie et
lement qu'en S. Pour maintenir la roue à son passage de
s la direction correcte, les deux rails D et C sont évasés
en dehors de la pointe ; le rebord de la roue s'y appuie
t passe sur le cœur avec facilité et sans un choc bien
s ce choc n'existe pas moins, car les bandages ne for-
une circonférence mathématique ; ils sont plus ou moins
es plats ou flâches ; en plus, le diamètre de la roue, me-
il, est plus grand que le diamètre de la roue opposée me-
croisement, car leur portée est différente. La première
ne vitesse plus considérable que la seconde ; celle-ci, ar-
œur de croisement, cherchera à aller plus vite ; de là ré-
qui inquiète les voyageurs, et qui, en s'exerçant sur la
ccasionner la rupture de l'essieu. Le mécanicien heureu-
ela, et dès lors marche aussi doucement que possible.

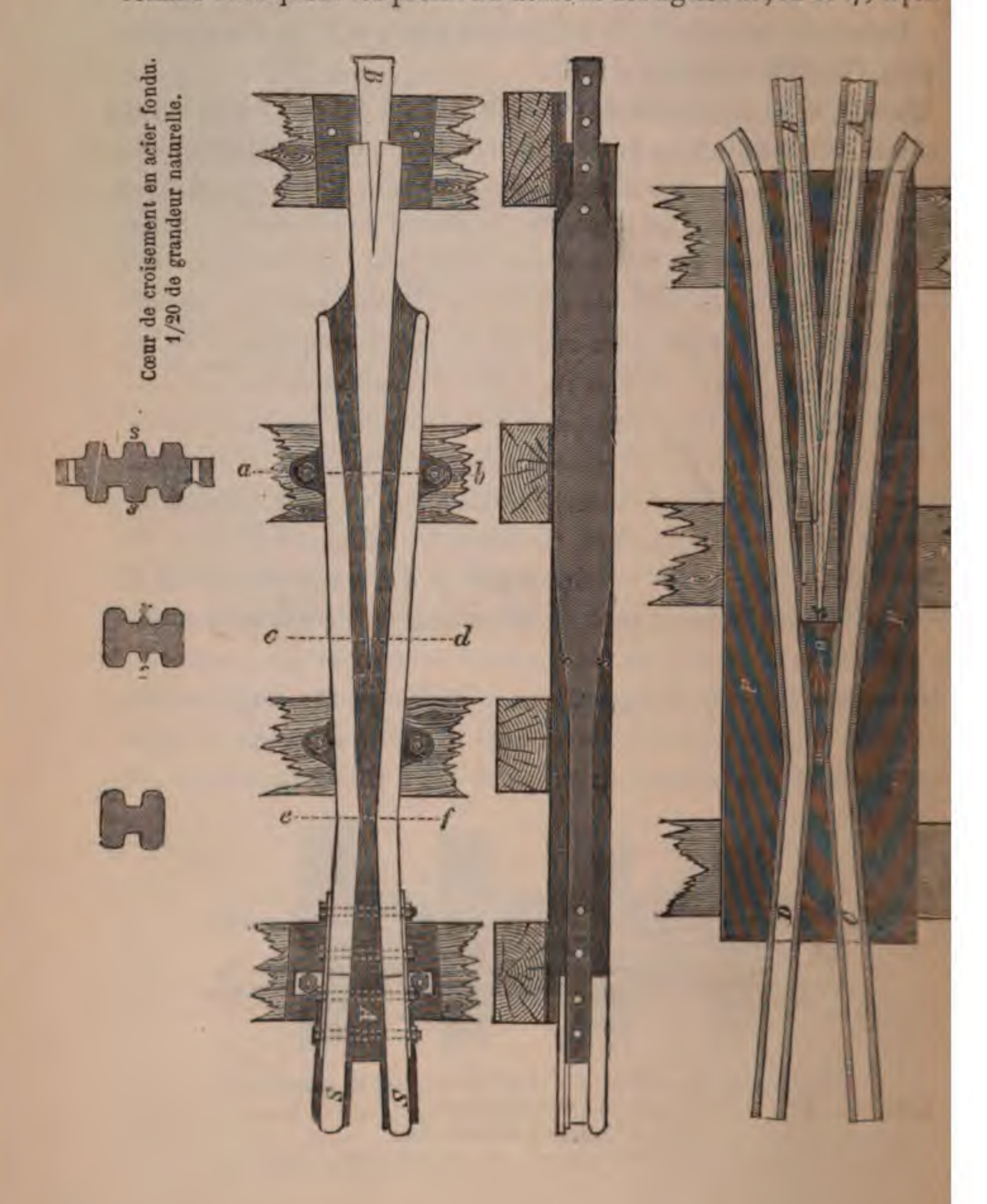
de cœur de croisement à double pointe est formé des
ie ; il peut être fondu aussi d'une seule pièce. La roue
n sens comme dans l'autre n'est plus guidée entre les



le de cœur de croisement à deux pointes, usité en Angleterre.
1/50 de grandeur naturelle.
A, B, C, rails ; D, E, F, contre-rails.

points m et s. C'est là évidemment le côté défectueux qui devient d'autant plus sensible que la distance ms augmente et que l'angle du croisement devient plus aigu. (Voir le dessin de la page 295.)

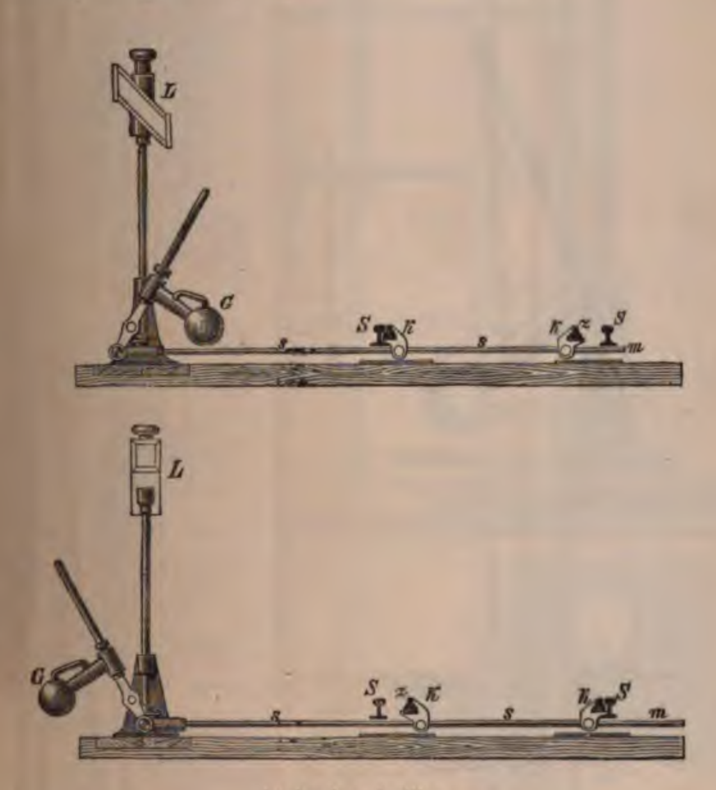
Le type du cœur de croisement en acier fondu est symétrique, comme l'indiquent les profils au-dessous des lignes ab, cd et ef; il peut



Cœur de croisement en acier fondu.
1/20 de grandeur naturelle.

donc être retourné. La partie faible de cette construction se trouve entre ces deux dernières lignes où la roue quitte la pointe et n'est plus guidée. Au point A se trouve l'attache des rails S, S à la traverse. (Voir la première figure ci-contre.)

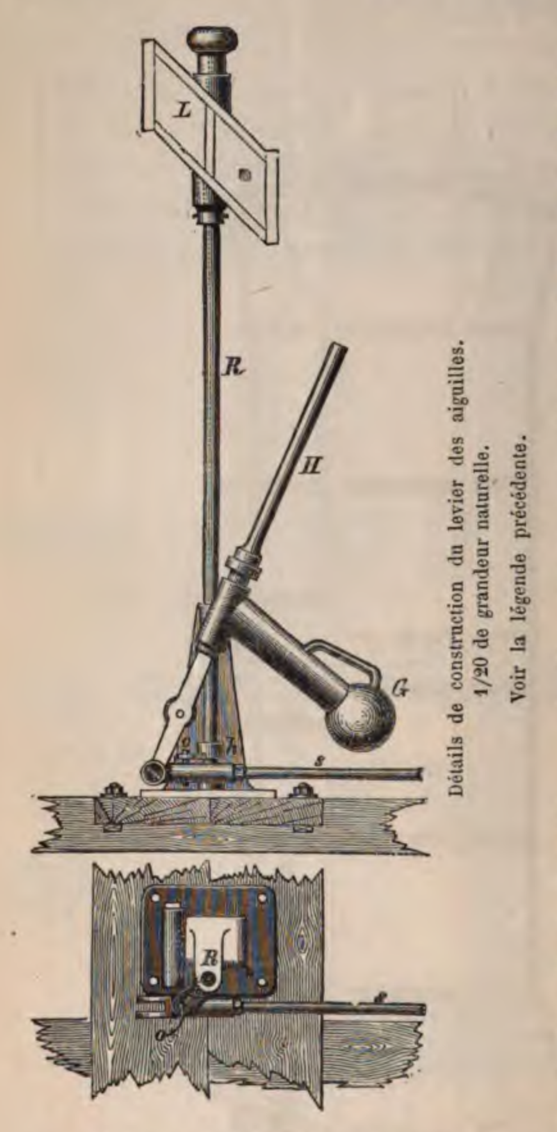
Leviers des aiguilles. — Par la rotation du levier avec son contrepoids, l'aiguille et le signal sont déplacés en même temps. Les deux figures ci-dessous montrent le profil du changement de voie ouvert ou fermé; le prolongement m de la tringle a une significatien assez importante: il passe sous les rails et empêche le soulèvement des aiguilles lors du passage des trains.



Levier des aiguilles.
1/50 de grandeur naturelle.

L, lanterne-signal ; G, contrepoids; m, tringle du levier; S, rails de la voie principale ; zk, aiguilles.

Dans le dessin de détail du levier H, on voit que le montant R est relié à la manivelle *h*. La rotation est produite par la goupille *o* qui passe dans une fente de la tige de traction *s*.



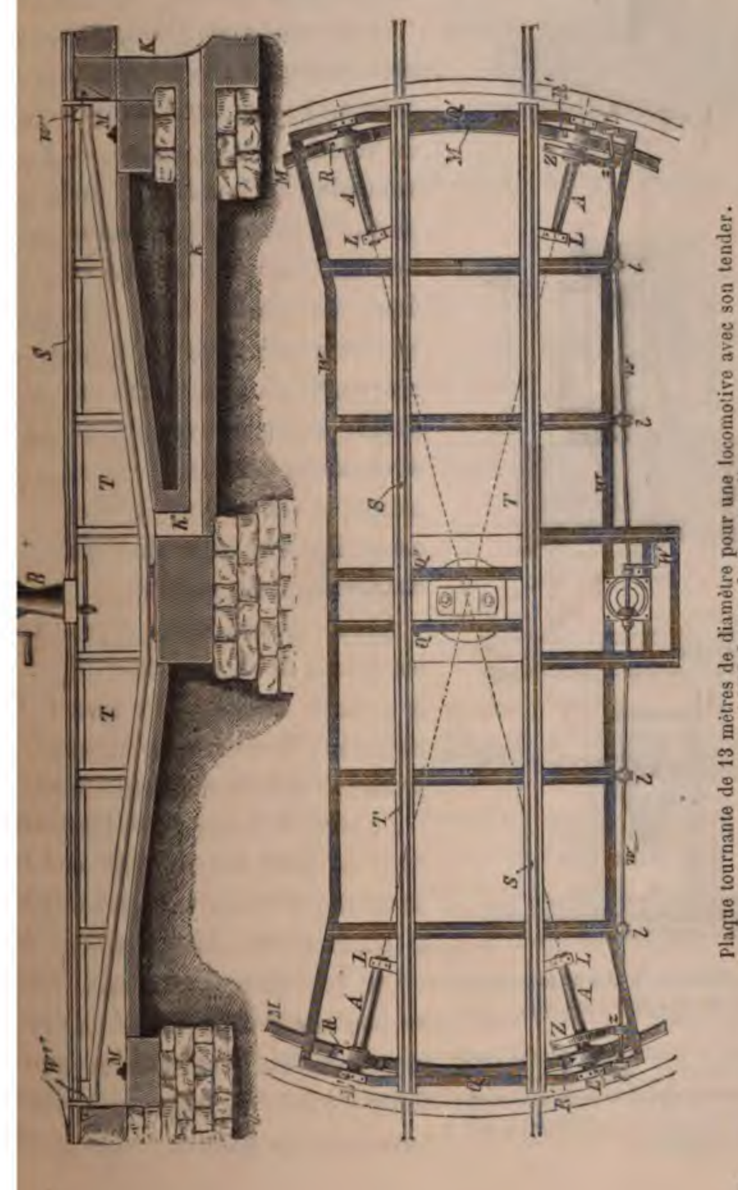
Détails de construction du levier des aiguilles.
1/20 de grandeur naturelle.
Voir la légende précédente.

D'après les détails qui précèdent, on voit qu'il ne faut jamais placer les aiguilles et les cœurs de croisement dans les courbes, et surtout ne pas présenter les pointes aux trains rapides ; si pourtant cela doit avoir lieu par suite d'exigences locales, il est indispensable que ces évitements, au préalable cadenassés, soient placés sous une surveillance spéciale.

§ 2. — LES PLAQUES TOURNANTES OU PLATES-FORMES.

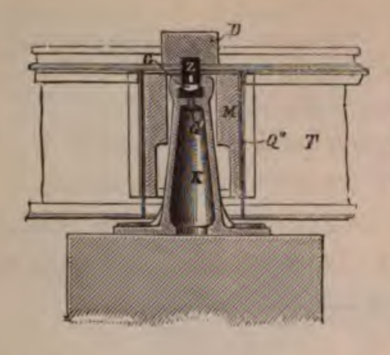
Pour faire passer les machines et les wagons d'une voie sur une autre, le deuxième artifice, employé seulement dans les gares, comprend les plaques tournantes ; les hommes d'équipe les font mouvoir. — La plaque tournante, dont ci-après un spécimen destiné à une locomotive avec son tender, se compose de deux poutres principales en fer sur lesquelles les rails sont rivés ;

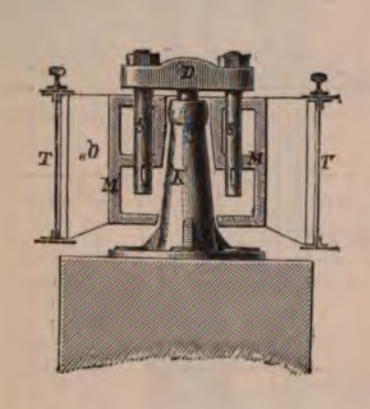
ntretoisement a lieu par des poutres transversales dont celles du lieu reçoivent la plaque du support. Les poutres sont couvertes m tablier. La fosse est tracée en pente afin que l'eau qui s'y rassemble puisse s'écouler par le canal de décharge.

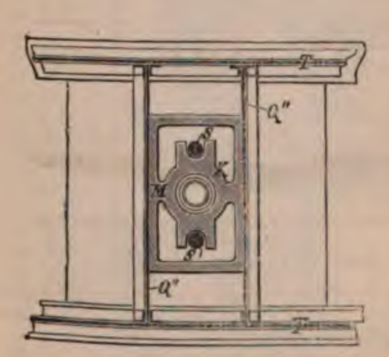


Plaque tournante de 13 mètres de diamètre pour une locomotive avec son tender.
1/100 de grandeur naturelle.

B, pivot ; T, support de la plaque sur lequel les rails S sont rivés ; Q, Q', Q'', entretoises ; W', anneau en cornières entourant la fosse ; K, canal de décharge ; W, manivelle destinée à tourner par le pignon z la roue dentée Z pour faire rouler les galets RR' sur le rail circulaire M ; L, L', l, coussinets ; A, essieux ; w, arbre de couche. (Voir également les figures de détail.)







Détails du pivot de la plaque tournante. 1/50 de grandeur naturelle.

T, support de la plaque tournante; Q″, poutres à cornières; K, pivot de la plaque; M, caisse en fonte attachée aux montants Q′; G, rondelle en acier; Z, tourillon; D, couvercle; S, boulons.

Les tampons de la loc dépassent généralement la tournante, qui doit être enti libre à cause des voies qui p côté d'elle.

Comme le centre de gravi cun véhicule ne se trouverai blement jamais sur le pivot o de rotation de la plaque, e véhicule pencherait, on sou plaque par de petites roues o tournant sur un rail plat c dont les quatre axes doi croiser exactement au cent plaque. Si ces axes n'étaient diaux, la manœuvre de la deviendrait pénible. Il en s même si les poutres n'éta assez solides; elles fléchir chargeraient les galets.

Les figures ci-contre repr les détails de construction d le premier dessin : la coup tudinale ; le deuxième des profil ; le troisième dessin : l

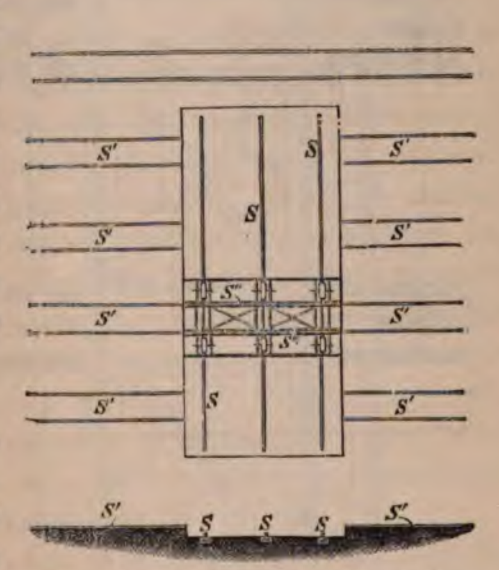
Le pivot en fonte K (1er des tient en haut une rondelle ou en fonte G′ sur laquelle le tourillon Z fixé dans le cou

On voit dans le 2e dessin les boulons S sont serrés, l tournante est soulevée et charge totale de la locomot moins sur les galets.

§ 3. — LES PONTS ROULANTS, CHARIOTS TRANSBORDEURS, CHARIOTS DE SERVICE.

La longueur de ces appareils et le nombre de leurs supports dépendent de la longueur des véhicules à transborder. Les hommes d'équipe poussent les petits chariots ; les grands chariots sont manœuvrés par des engrenages à vapeur. Dans les deux spécimens suivants, on en a indiqué à trois et à six rails.

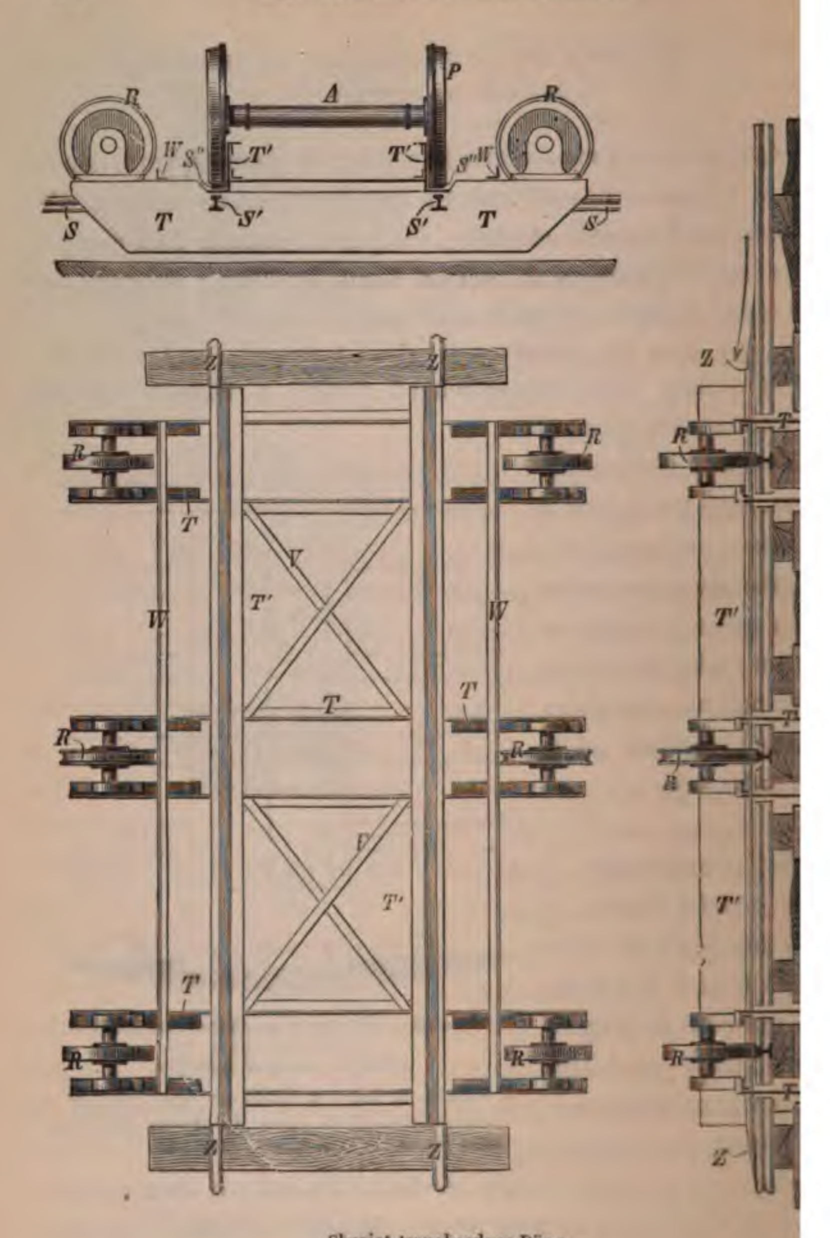
Chariot à fosse. — L'excavation où roule ce chariot est très gênante non seulement pour le service des voies très fréquentées, mais aussi pour la circulation du personnel. On peut tomber dans ces fosses pour peu qu'on regarde en l'air ; aussi ne les place-t-on plus maintenant que dans les ateliers de réparation, où le public n'entre pas.



Disposition générale d'un chariot transbordeur et de sa fosse.
1/400 de grandeur naturelle.

S', rails de la voie ; S, profil des trois rails de la fosse où roulent les galets du chariot sur lequel sont placés les rails transbordeurs S''.

Chariot transbordeur à caisse ou chariot Dünn. — Les rails sur lesquels roule le chariot sont à la même hauteur que ceux de la ligne principale ; dans les croisements, ils sont entaillés pour laisser passer les rebords des bandages. Les rails sur la plate-forme du chariot sont un peu plus élevés ; leurs bouts sont en pente, afin que l'on puisse y pousser facilement les véhicules à transborder. Ce chariot est formé d'une caisse en tôle supportée par des galets. (Voir le dessin à la page suivante.)



Chariot transbordeur Dünn.
1/50 de grandeur naturelle.

A, essieu du véhicule à transborder ; R, galets du chariot transbordeur ; S, rails de
de fer ; S′, S″, rails transbordeurs ; W, cornière portant les coussinets des galets d
du milieu ont doubles rebords ; les quatre autres galets sont plats ; V, T, T′, entreto

CHAPITRE XIII

Les bâtiments et accessoires destinés aux locomotives.

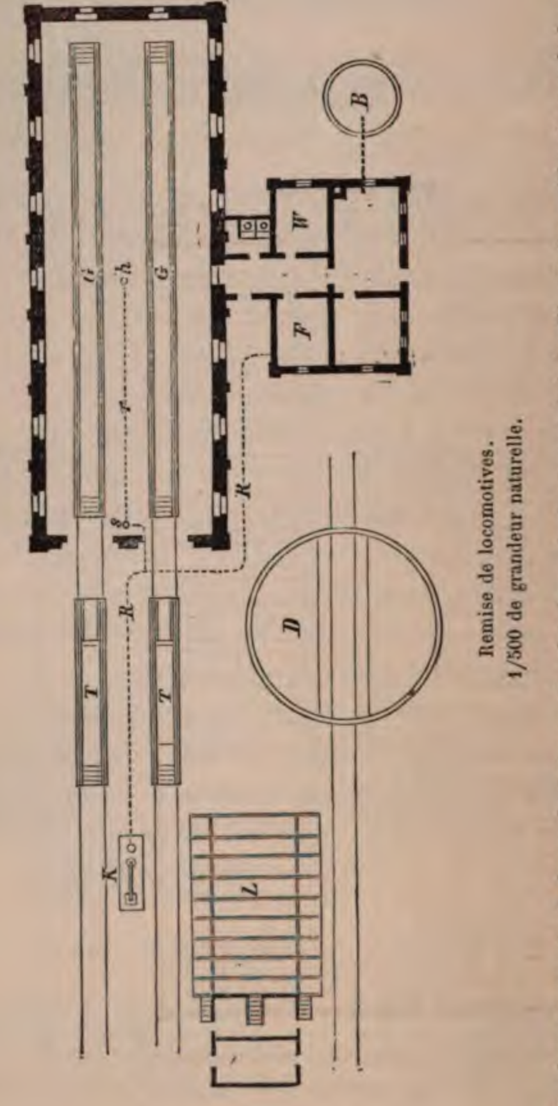
De tous les bâtiments d'une gare, ce sont les dépôts ou remises de locomotives et les ateliers de réparation qui intéressent le plus le mécanicien. A ces remises sont joints des locaux accessoires disposés aussi commodément que possible pour le séjour des mécaniciens et chauffeurs qui doivent s'y plaire, afin qu'ils n'aillent pas ailleurs chercher leurs aises, car il est utile de les avoir constamment sous la main. Les dortoirs sont frais en été et faciles à chauffer en hiver et ont un cachet de propreté en toute saison. L'eau froide et l'eau chaude s'y trouvent en abondance. On n'a pas oublié d'y placer un mobilier modeste, mais confortable, des armoires pour les habits de rechange, une petite bibliothèque amusante et instructive en même temps ; en outre on y a installé des cabines de bain, dont les dépenses sont amplement compensées par le bien-être ainsi offert au personnel.

Il est à désirer que le directeur de la Compagnie fasse l'inspection de ces dortoirs, au moins une fois tous les ans ; — et ce n'est certes pas trop demander qu'il s'assure par lui-même si ce qui vient d'être dit n'est pas de la théorie pure, — surtout en ce qui concerne l'extrême propreté.

§ 1. — LES REMISES DES LOCOMOTIVES OU DÉPOTS.

De la localité dépend le choix de ces remises, dont la meilleure est peut-être la remise circulaire, la rotonde, et au besoin la demi-rotonde. Cependant on n'est pas encore d'accord sur ce point.

L'étendue d'un dépôt est commandée par le nombre et les dimensions des machines qu'il doit abriter. Si la remise n'a des portes que d'un côté, on ne place que deux locomotives en file, pour ne pas trop gêner la sortie de la machine en arrière ; mais, s'il y a deux côtés de libres, on en admet quatre.



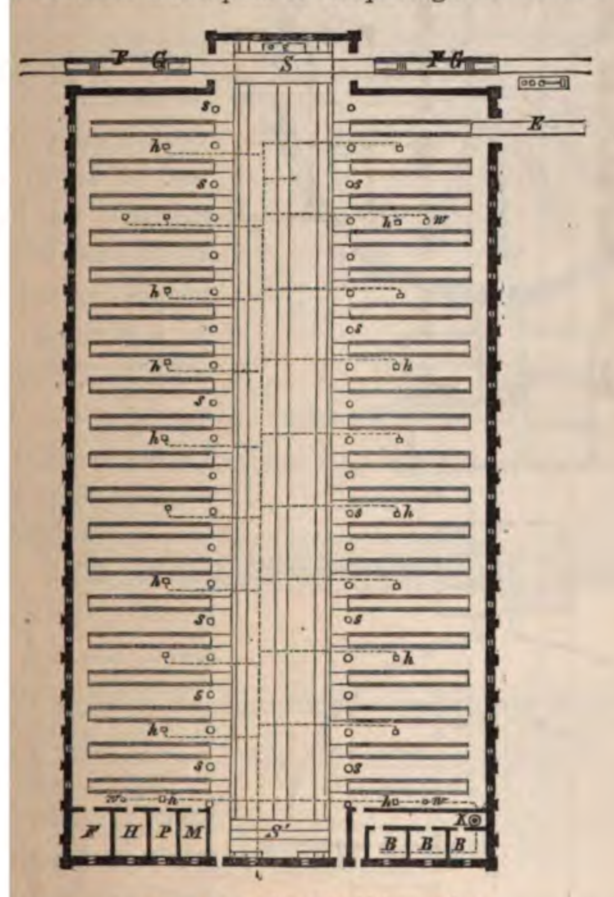
Remise de locomotives.

1/500 de grandeur naturelle.

D, plaque tournante ; G, fosses de nettoyage ; L, plate-forme de chargement de la houille ; T, fosses à feu ; K, grue hydraulique ; R, conduits d'eau ; *r*, *s*, branchements des conduits d'eau ; *h*, robinet de réservoir ; B, réservoir d'eau ; W, atelier et magasin ; F, cabinet du mécanicien.

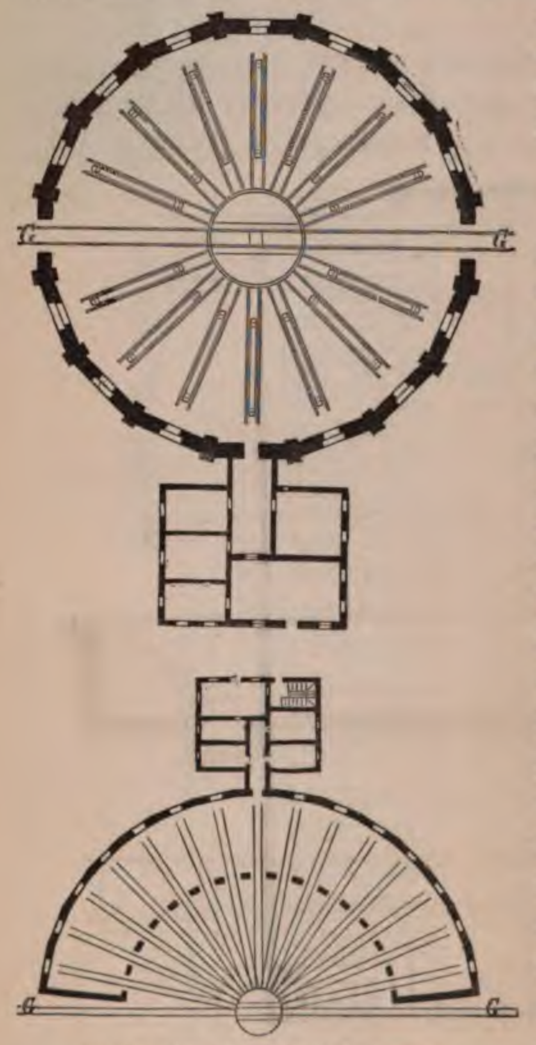
ı de remise pour quatre locomotives. — Dans cette remise
; également les machines hydrauliques, pompes à main ou
ıu-dessus, on installe les citernes. Les lignes pointillées
canalisation dont les conduits ont $0^{m},15$ de diamètre et
ır hâter le remplissage du tender. Le conduit accessoire *rs*
ılir directement la chaudière par un robinet spécial.

ı de remise de locomotives avec chariot de réserve. — Dans
n, les locomotives passent sur les fosses à feu F, G, où se
ːs robinets d'eau pour le remplissage du tender. Au point



Spécimen de remise pour 38 locomotives.
1/1000 de grandeur naturelle.

E à droite est une porte d'entrée accessoire pour le cas où les autres portes ne fonctionneraient pas. La ligne pointillée indique les conduits d'eau ; *h* et *w*, les robinets pour le remplissage des locomotives. Aux points *s* sont les suppports-colonnes du bâtiment ; T, H, P, M sont les locaux du personnel, les dortoirs et les magasins ; B, B sont les chambres de bain avec le réservoir d'eau chaude K. Un chariot de service S est à l'entrée ; un chariot auxiliaire S', à l'extrémité du dépôt. (Voir le dessin à la page 305.)

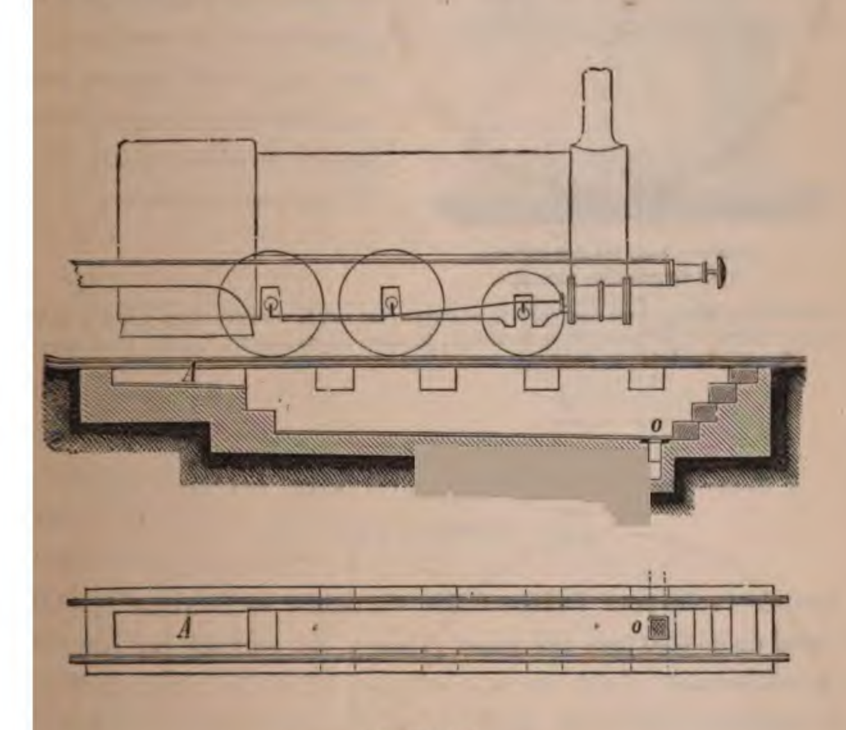


Rotonde et demi-rotonde de locomotives.
1/1000 (en haut), 1/2000 (en bas) de grandeur naturelle.

Spécimen de rotonde et demi-rotonde. — Dans ces deux spécimens de remises, le service des locomotives est subordonné au fonctionnement de la plaque tournante ; si elle ne marche pas, à la suite d'accident, toutes les machines restent en prison. La voie de fer G doit être disposée de manière qu'elle traverse la rotonde et ne s'arrête pas à un mur qui serait enfoncé si la machine n'était pas bien conduite. Il vaut mieux laisser briser la porte de la voie courante, — ce qui s'est vu plus d'une fois. — Les annexes de ces remises forment les chambres des mécaniciens.

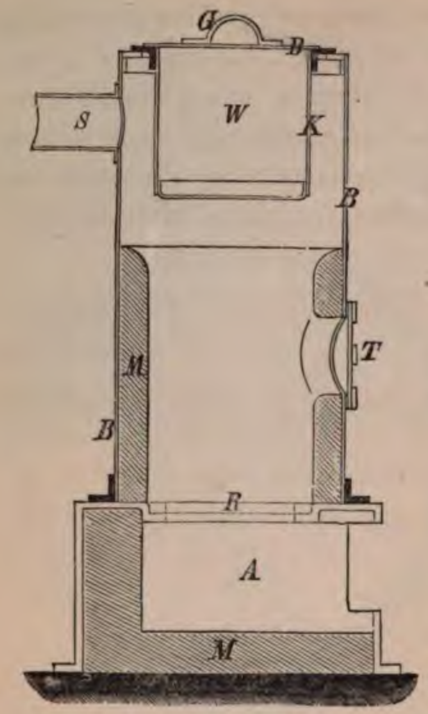
Fosses à feu. — Les fosses (ci-dessous au spécimen) servent à vider foyer par le cendrier, et à visiter le dessous de la machine. Si elles sont pas assez spacieuses, le chauffeur se contente souvent de aisser par en haut et de gaspiller l'huile. Quoi qu'il en soit, il faut iller à ce qu'il n'aille pas sous la machine devant un train ; elle ut recevoir un choc par des wagons qu'on ajoute, et bien souvent s blessures ont été la suite de pareilles imprudences.

Les fosses servent également à visiter la machine. Le mécanicien ant de descendre fera serrer le frein, fermera le régulateur, plara la distribution au point mort et ouvrira les robinets purgeurs. s précautions indispensables prises, il examinera toutes les pièces 1 mécanisme.



Fosse à feu.
1/100 de grandeur naturelle.

écharge des charbons incandescents, construite en pierres réfractaires ou en plaques de fonte; *o*, égout de l'eau de lavage.



Fourneau pour les mécaniciens.
1/16 de grandeur naturelle.

W, chaudron en cuivre avec couvercle G, et s'appuyant sur la cornière D qui entoure la partie supérieure du fourneau K ; B, fourneau ; M, murs de fondation ; T, porte du fourneau R, grille ; S, cheminée ; A, cendrier.

Fourneau pour les mécaniciens. — Ce fourneau, installé dans la remise, est destiné principalement à fournir de l'eau chaude au personnel de la locomotive.

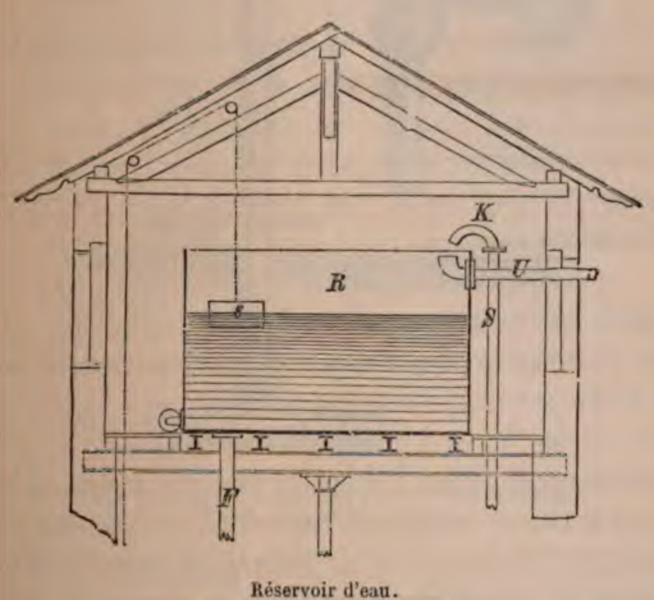
Une sorte d'armoire en tôle formant étuve est accolée à ce fourneau. Les mécaniciens y font sécher leurs vêtements presque toujours mouillés. Le local qui contient ce calorifère sert de réfectoire ; il est séparé du dortoir, pour que les mécaniciens de passage ne troublent pas le repos de leurs camarades.

§ 2. — LES RÉSERVOIRS D'EAU, CITERNES, STATIONS D'EAU OU CHATEAUX D'EAU.

Les réservoirs pour l'alimentation du tender se trouvent installés au bord de la voie près des gares ; l'eau y est amenée par des conduits souterrains ; il est rare que les sources se trouvent au-dessus des réservoirs, et si leur chute n'est pas suffisante il faut avoir recours à des pompes. — Le fond des réservoirs doit être placé au-dessus de la grue hydraulique. Plus les réservoirs sont élevés, plus le remplissage du tender marche vite. Pour déterminer l'espa-

des réservoirs sur la ligne, plusieurs circonstances sont à en considération : le tracé du chemin, les dépenses d'éta-ent des conduits, la capacité du tender, puis la faculté d'ar-ıne station d'eau, si le réservoir précédent, par suite de son état d'entretien, n'a pas pu fonctionner. La distance limite s réservoirs est de 30 kilomètres en plaine et de 20 kilo-en montagne.

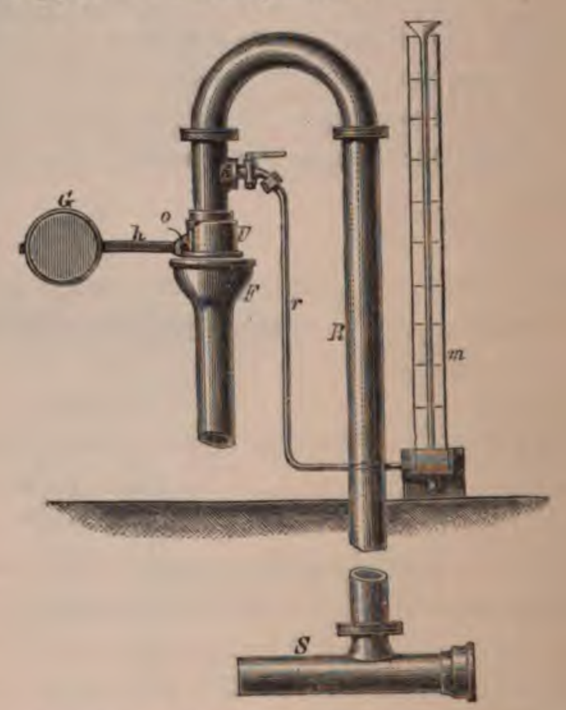
la quantité d'eau nécessaire au remplissage d'un réservoir fournie en douze heures, pour ne pas faire marcher les pendant la nuit. Il faut que les réservoirs soient assez grands donner un surplus d'eau en cas de réparation des pompes. visionnement d'eau dans le tender n'est jamais épuisé en en-is on doit toujours compter sur 5 mètres cubes à prendre à réservoir.



Réservoir d'eau.
1/100 de grandeur naturelle.

en tôle de fer; S, conduit qui verse l'eau dans le réservoir; F, tuyau qui conduit ıs les grues hydrauliques; s, flotteur qui indique au dehors le niveau d'eau; de décharge pour le cas où le flotteur refuserait son service. (Voir la page suivante.)

Spécimen d'un réservoir d'eau. — Si le réservoir est tant soit peu éloigné des pompes, il peut arriver que le surveillant n'arrête pas la machine quand la citerne est déjà remplie ; le trop-plein s'écoule alors par le tuyau de décharge. Pour éviter cette perte, on a recours à des avertisseurs télégraphiques, ou encore le flotteur ferme la soupape du tuyau d'introduction au moment voulu. Mais dans ce dernier cas la machine peut continuer néanmoins à pomper et le tuyau peut être crevé. Pour que pareil accident n'arrive pas, on place près de ce tuyau l'appareil de sûreté que voici.



Appareil de sûreté contre l'explosion des conduits d'eau.
1/40 de grandeur naturelle.

S, conduit d'introduction; R, ajutage de l'appareil de sûreté; F, tuyau de décha[rge;] U, soupape fermée par le robinet *o*, manœuvré par le levier *h* avec son contrepoid[s G;] *s*, ajutage du tuyau *r* du manomètre *m*.

Si le flotteur ferme le tuyau d'introduction et que la pression dans le tube R augmente, la soupape s'ouvre et l'eau retourne par le tuyau de décharge dans le puits.

Tous les tuyaux sont en fonte et reliés entre eux par des manchons, afin de pouvoir céder aux affaissements du terrain. Ils doivent avoir au moins 0m,20 de diamètre dans les stations où s'arrêtent les trains rapides.

§ 3. — LES GRUES HYDRAULIQUES.

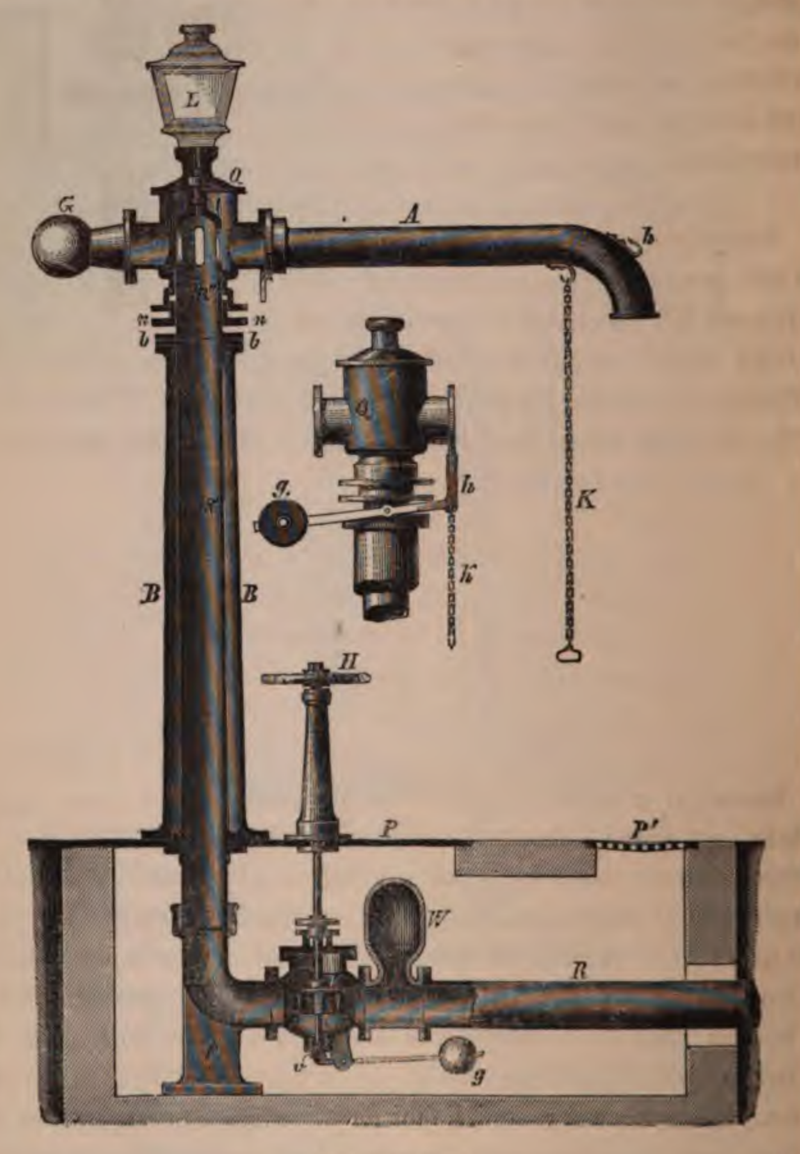
La place assignée aux grues hydrauliques est d'une haute importance pour la commodité du service d'exploitation, qu'il faut toujours avoir en vue, bien plus que la commodité de la construction. Autrefois on les annexait aux citernes tout près des rails, mais on empêchait ainsi la surveillance de la voie et son développement ultérieur.)n s'est décidé aujourd'hui — malgré un surcroît de dépense des onduits — à installer les grues soit dans l'entrevoie principale, soit côté des voies accessoires où les locomotives passent forcément ur prendre leur combustible.

Spécimen d'une grue hydraulique. — L'eau arrive par le conduit R, i peut être ouvert au moyen de la manivelle H, et la soupape *v*, aintenue par le contrepoids *g*. Le réservoir d'air W régularise la ession. L'eau monte dans les tuyaux R′, R″ renfermés dans la colonne fonte B qui s'appuie sur le support F. Le tuyau R″ repose par le bord *bb* sur la colonne en fonte. L'eau qui tombe sur la plate-forme s'écoule par le regard P′ dans le canal de décharge.

Si la grue doit fonctionner, on tire le bras A par la chaîne K aussus du tender. La tête Q tourne autour du chapiteau R sur lequel le s'appuie au moyen de la tige *l* avec la boîte à étoupes *nn*. La posin ordinaire de la grue est fixée par le levier *h* (dessin de détail), anœuvré par le déclic *h* et la chaîne K, avec lequel tourne égalent la lanterne L qui indique par la couleur de son feu la position tuyau. (Voir la page suivante.)

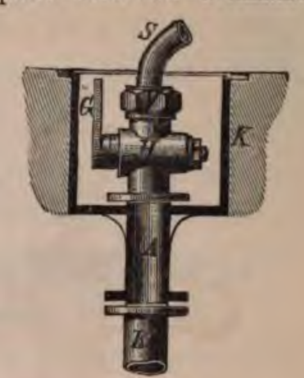
Quand le tender est rempli, il faut fermer la grue par la soupape V ns la fosse. Cette soupape pousse en bas une petite soupape *v* i au moyen de la pointe *i* soulève le contrepoids *g* et l'eau restée

dans la colonne s'écoule. Si on ouvre de nouveau la grande soupape V par la manivelle H, le contrepoids ferme la petite soupape purgeuse. — Dans les gares où les trains express s'arrêtent, on place



Grue hydraulique.
1/40 de grandeur naturelle.

les grues hydrauliques dites : grues- réservoirs ; elles se composent l'une colonne en fonte surmontée d'un petit réservoir auxiliaire contenant l'eau nécessaire à l'emplissage complet du tender. Ce petit réservoir est n communication permanente avec le éservoir principal ; l'emplissage a lieu ır une manche en cuir et se termine en ıe minute.



Robinet servant au remplissage des locomotives.
1/20 de grandeur naturelle.

Robinet de la conduite d'eau. — Ce ro- ıet peut servir au remplissage des ›omotives. La caisse K en fonte est ırée dans le sol; A est l'ajutage de la nduite d'eau R. Le robinet H est manœu- é avec le levier G. V est le raccord du tuyau de remplissage S.

Remarque générale. — Dans le cours de ce récit, le terme : ingé- eur, est souvent employé pour des fonctions qui, en France, ne rrespondent pas à ce grade. A l'étranger, le titre d'ingénieur partient généralement aux rangs inférieurs de la hiérarchie ; par emple, en Autriche, le sous-chef de section est appelé : ingé- eur ; le chef de section : ingénieur en chef. Le titre d'ingénieur sparaît dans les emplois plus élevés. Le maître supérieur des achines est l'ingénieur en chef de la traction et du matériel rou- nt, etc., etc. (Voir l'organisation du corps des ingénieurs des vers pays dans l'appendice du livre : les *Aventures d'un jeune ingé- eur,* par Émile With.)

CHAPITRE XIV

Le développement de la construction du matériel roulant et de la voie.

L'histoire des chemins de fer embrasse quatre périodes :

Dans la première période, celle du dernier siècle, nous voyons les chemins primitifs des mines; les essais d'utiliser la vapeur pour les transports, puis l'apparition de Stephenson le Grand.

« GEORGE STEPHENSON N'A JAMAIS SOUPÇONNÉ L'IMPORTANCE DE SON « INVENTION. » — (Extrait d'une lettre adressée à Emile With par Charles Manby, esq[re], secrétaire honoraire de l'Institut des ingénieurs civils à Londres.)

Pendant la deuxième époque, de 1830 jusque vers 1850, on a perfectionné la locomotive et les rails.

La troisième période forme l'ère actuelle; on s'y applique à trouver de nouveaux systèmes pour traverser les montagnes et pour construire des chemins de fer à bon marché.

La quatrième époque est celle de l'avenir.

§ 1. — LA PÉRIODE DE L'INVENTION DES CHEMINS DE FER.

Année 1700. — Rails en bois, puis rails en bois avec bandes de fer dans les mines de l'Angleterre et de l'Allemagne. — Essai de Savery et de Denis Papin d'employer la vapeur d'eau pour la traction des voitures sur les chaussées.

Année 1766. — Premiers rails en fonte sur longuerines, fabriqués par Curr, en Angleterre, pour les mines de houille.

Année 1768. — Première voiture à vapeur par Cugnot, officier français.

Année 1772. — Invention de la machine à vapeur à haute pression, par Oliver Evans. — Sa voiture à vapeur marchant dans les rues de Philadelphie; sa prédiction de l'avenir des chemins de fer avec locomotives.

Année 1784. — Brevet d'invention de James Watt pour une voiture à vapeur. Abandon de ce brevet par suite des difficultés d'entretien de la machine à basse pression.

Année 1801. — Formation de la première Compagnie des chemins de fer en Angleterre.

Année 1802. — Locomotive avec roues dentées exécutée par les ingénieurs anglais Trevethik et Vivian.

Année 1804. — Premiers rails en fer forgé employés en Angleterre.

Années 1805 *à* 1813. — Abandon complet de la locomotive par suite de l'idée que cette machine ne pourrait pas marcher sur des rails unis, et qu'elle tournerait sur elle-même, — qu'elle patinerait, comme on dit aujourd'hui. — Rails à crémaillères Blenkinsop. — Chaîne de connexion Clapmann. — Locomotive Brunton se poussant avec des béquilles articulées.

Année 1813. — Enlèvement des crémaillières et des béquilles et lancement d'une locomotive sur des rails unis par Blackett. — Preuve qu'elle marche par l'adhésion.

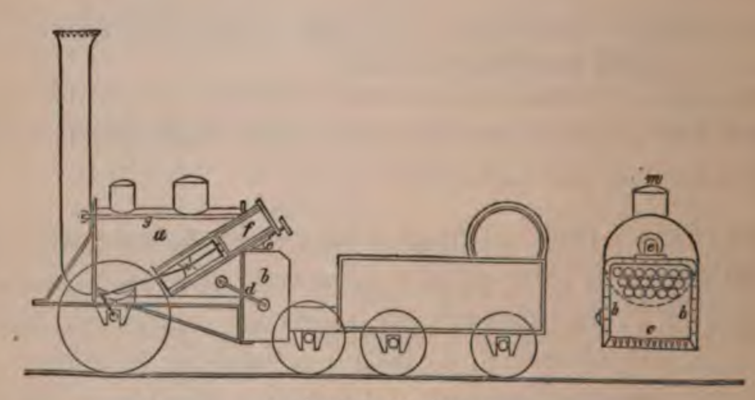
Année 1814. — Invention des tubes bouilleurs et du tirage par la vapeur d'échappement, due à George Stephenson. — Même inven-

tion par Marc Seguin, constructeur du premier chemin de fer en France. — Invention du tender ou petit chariot portant un tonneau d'eau.

Année 1820. — Rails laminés par John Benkinshaw.

Année 1827. — Ouverture du premier chemin de fer pour le transport des voyageurs de Stockton à Darlington, exploité avec les locomotives de Stephenson. — Essai d'une machine anglaise sur la ligne de Lyon à Saint-Étienne, par Marc Seguin.

Année 1829. — George Stephenson remporte sur le chemin de fer de Liverpool à Manchester le prix du concours de locomotives, avec sa machine *the Rocket*, la « Fusée », exposée aujourd'hui à Londres comme monument historique.



La Fusée de Stephenson.
1/100 de grandeur naturelle.

b, foyer, et *c*, grille (section transversale); *d*, tuyau conduisant l'eau de la chaudière *a*, dans la boite à feu *b*; *e*, tuyau permettant à la vapeur formée dans la boite à feu de monter dans la partie supérieure de la chaudière; la partie inférieure servait de récipient pour l'eau; *f*, cylindres de chaque côté, agissant sur une roue; *g*, tuyau d'échappement.

§ 2. — LA PÉRIODE DU PERFECTIONNEMENT DES CHEMINS DE FER.

Année 1830. — Augmentation du nombre des tubes bouilleurs de 90 à 130. — Roues en bois avec bandages en fer. — Cylindres horizontaux par Edouard Bury à Birmingham.

Année 1833. — Augmentation du poids des rails. — Placement d'un troisième essieu derrière la boîte à feu. — Roues du milieu avec bandage plat.

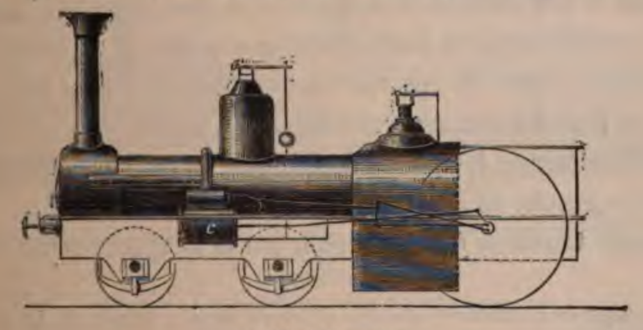
Année 1834. — Invention des excentriques par Baldwin, ingénieur américain. — Invention du changement de marche à pied-de-biche par Forester à Liverpool.

Année 1835. — Truck mobile ou bogie, inventé par Stephenson. — Développement de ce système par le constructeur Norris, à Philadelphie, et appelé : truck américain.

Année 1837. — Première locomotive-tender à quatre roues par Church à Birmingham. — Double excentrique par Hawthorn, constructeur anglais.

Année 1842. — Défense faite en France, après le terrible accident de Versailles, d'employer des locomotives à quatre roues.

Année 1843. — Coulisse Stephenson et détente variable.



Machine Crampton.
1/100 de grandeur naturelle. (Voir la page suivante.)

Année 1846. — Locomotive Stephenson à trois cylindres. — Machine Crampton à grande vitesse et à 6 roues. (Voir page précédente.)

§ 3. — LA PÉRIODE DES NOUVEAUX SYSTÈMES DE LOCOMOTIVES.

Année 1851. — Concours en Autriche pour des locomotives à fortes pentes et à petites courbes; prix décerné à la Bavaria avec chaîne de connexion; rupture de la chaîne et abandon de ce système (1).

Année 1852. — Injecteur Giffard. — Coulisse Allan (ingénieur écossais).

Année 1854. — Locomotive-tender Engerth.

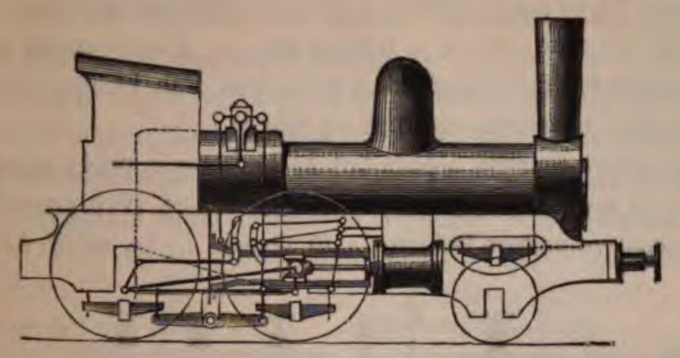
Année 1855. — Double machine-tender Stephenson avec application du frein Laignel (citée page 207).

Années 1857 *à* 1878. — Invention d'une multitude de machines articulées et accouplées ayant pour but d'augmenter la vitesse, la force et la facilité de passer sur les fortes pentes et dans les courbes à petits rayons. Ces machines colossales ont presque toutes disparu après avoir été l'objet de l'admiration et de l'étonnement dans les Expositions universelles. On aurait dit qu'elles avaient été construites uniquement à cet effet. Il y en avait avec des roues hautes comme une porte cochère, ou avec deux cylindres superposés de chaque côté. Voici quelques types de ces machines exceptionnelles. Nous avons déjà cité les grandes locomotives-tenders.

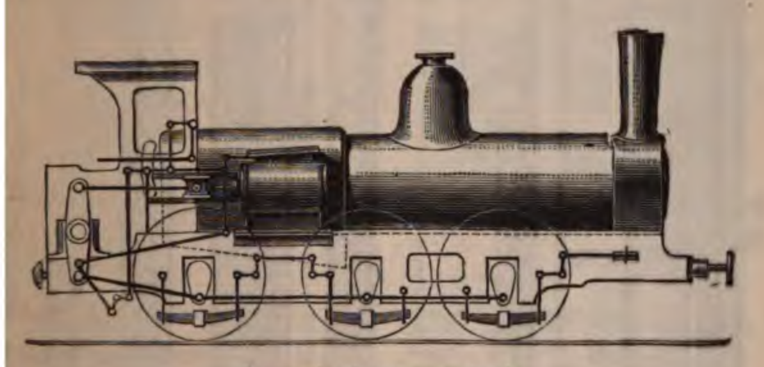
Dans le spécimen de la Société de Couillet, le cylindre se rapproche du centre de gravité de la machine. (Voir la page ci-contre.)

La machine Carels se fait remarquer par la longueur extraordinaire

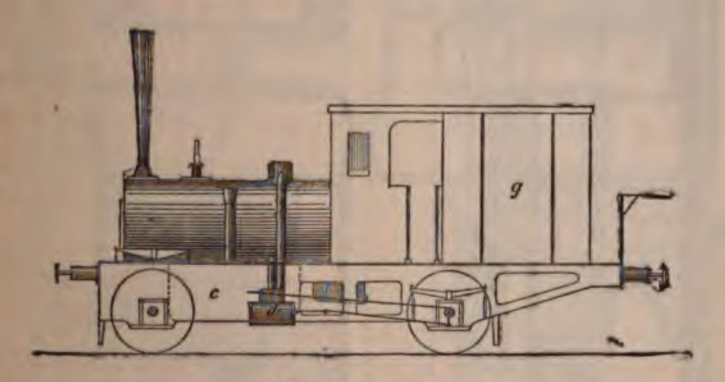
(1) L'historique de ce célèbre concours se trouve dans le *Traité de la construction des chemins de fer*, par Émile With, 1 volume (1858).



Locomotive-express de la Société belge de Couillet.
1/100 de grandeur naturelle.



Locomotive à voyageurs Carels.
1/100 de grandeur naturelle.

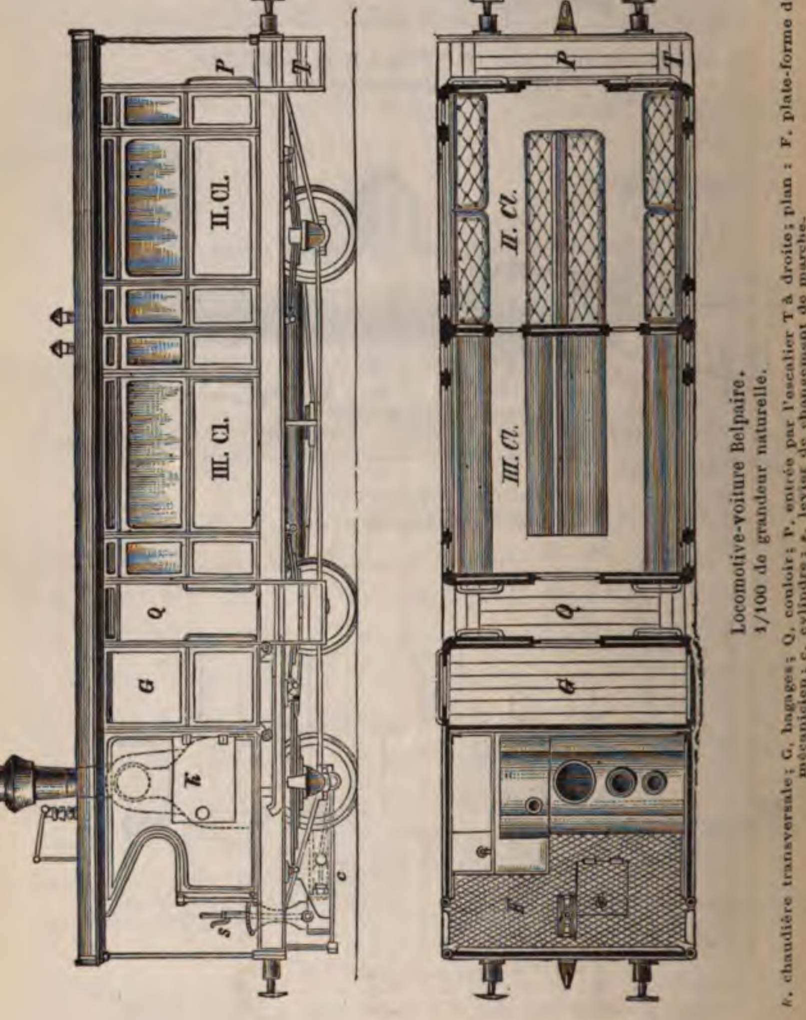


Locomotive-fourgon.
1/100 de grandeur naturelle.
c, châssis portant la chaudière et le compartiment *g* pour les bagages.

de la chaudière et par la position également extraordinaire du cylindre attaché au longeron près de la boîte à feu. — Le mouvement du piston est transmis à la bielle motrice au moyen d'un balancier vertical dont le centre de rotation est fixé au châssis.

La locomotive-fourgon a pour but de diminuer le poids mort d'un train de petit trafic, en supprimant le fourgon séparé. (V. p. précédente.)

La locomotive-voiture Belpaire a 40 places. — Le motif de cette

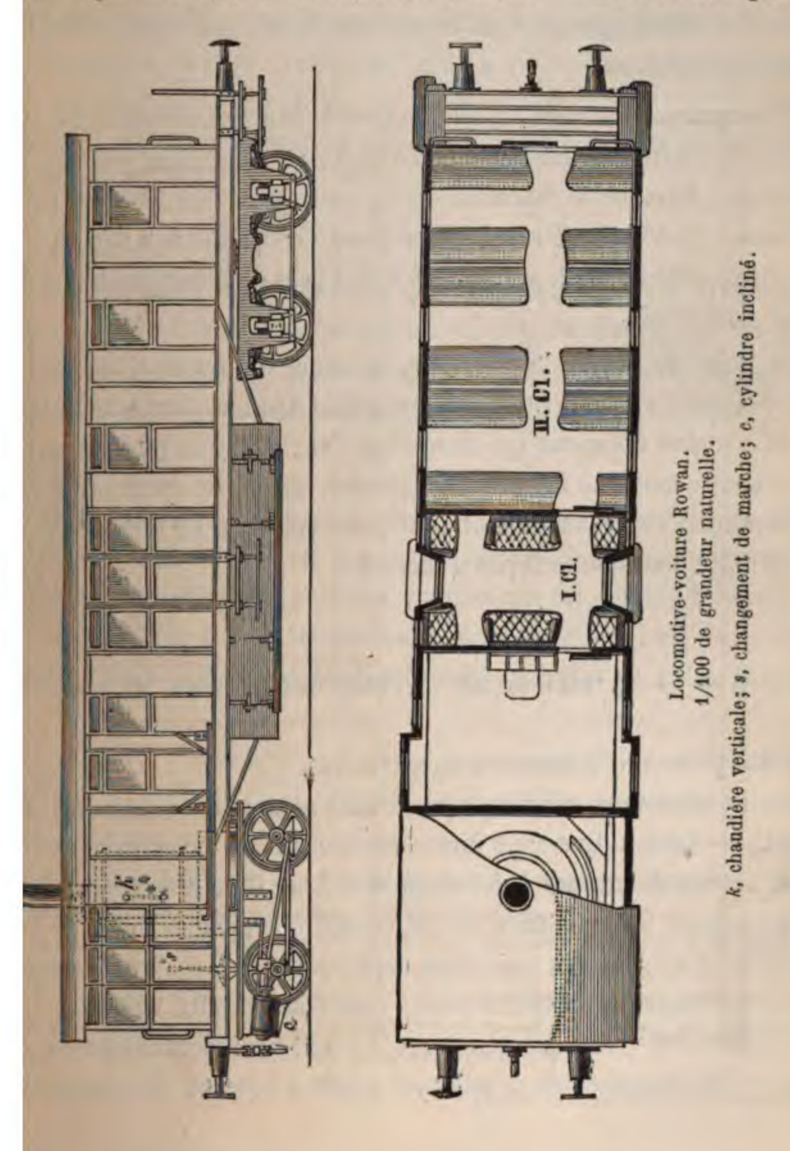


Locomotive-voiture Belpaire.
1/100 de grandeur naturelle.

k, chaudière transversale; G, bagages; Q, couloir; P, entrée par l'escalier T à droite; plan : F, plate-forme du mécanicien; *c*, cylindre; *s*, levier de changement de marche.

ntion est d'économiser une voiture, de n'avoir pas à traîner un
s mort et de réduire le personnel.

a locomotive-voiture Rowan a également 40 places; elle marche
: une vitesse de 50 kilomètres à l'heure. Le système Rowan per-
de détacher la voiture de la machine, ce qui est avantageux en
de réparation de la chaudière verticale. — L'inventeur pense



Locomotive-voiture Rowan.
1/100 de grandeur naturelle.
k, chaudière verticale; *s*, changement de marche; *c*, cylindre incliné.

franchir des pentes de $0^m,05$ par mètre et des courbes de 33 mètres de rayon. En plaine, on peut ajouter quelques wagons et marcher à raison de 35 kilomètres par heure.

Les locomotives sans feu sont des machines à eau chaude ou à air comprimé. Nous les mentionnons pour mémoire, car elles ne s'appliquent pas aux chemins de fer proprement dits avec rails surélevés, mais aux tramways, qui sont cependant aussi des chemins de fer avec rails enfoncés.

A la station de départ, la locomotive à eau chaude est remplie de vapeur à 15 atmosphères et d'eau à 200°. Sa chaudière est donc un réservoir. Avec cette machine, on ne peut parcourir que de petites distances ; à 10 kilomètres, la vapeur est descendue à 2 atmosphères et l'eau à près de 100°.— Il en est à peu près de même de la machine à air comprimé.

Au point de vue de la physique, le terme de locomotives sans feu n'a pas ici de signification, car on emploie le feu pour chauffer l'eau ou la machine à vapeur qui comprime l'air, et si l'on ne met pas de feu dans la machine même, c'est par des raisons de commodité ou de convenance. Ces machines ne font pas explosion, ne donnent pas de fumée et n'occasionnent pas d'incendies.

§ 4. — LA PÉRIODE DE L'AVENIR DES CHEMINS DE FER.

Cette période commencera au xxe siècle.

Trains silencieux substitués aux trains actuels avec leur bruit infernal. — Locomotive sans fumée remplaçant la locomotive avec fumée. — Feu électrique puisé dans le ciel, où il ne coûte rien, et employé comme force motrice de préférence à la chaleur de la houille, laquelle va s'épuiser et qui coûte déjà beaucoup. — Application du mode de suspension des calèches à huit ressorts aux wagons. — Introduction des voitures à coucher à la place des incommodes wagons-lits. — Bon marché des excellentes tables d'hôte et des restaurants

américains dans les trains avec intercommunication et avec douce chaleur ou avec air frais (1). — Comestibles pris sur les lieux de production, sans coût de transport et d'octroi, et consommés par les voyageurs en route. — Introduction de tout le confortable des navires et des hôtels dans les chemins de fer. — Enfin, déraillements, coups de tampons, matériel en mauvais état, collisions, chocs, écrasements, ruptures de ponts, incendies, protection, négligence, relégués dans les contes où l'on expliquera qu'on a inventé le chemin de fer avec accidents, qu'ensuite on a inventé le chemin de fer sans accidents, et qu'en définitive l'une des inventions n'a pas été plus difficile que l'autre.

Les esprits naïfs ne verront pas que j'ai indiqué aux inventeurs plusieurs points à mettre à l'étude sans délai; ils diront que je n'ai pas parlé sérieusement, même que je me suis permis des plaisanteries sur l'avenir des chemins de fer. — Je m'en garderais bien !

« Moi, proposer a la chambre un chemin de fer ? Je m'en « garderais bien ; on me jetterait en bas de la tribune. » M. Thiers, ministre des travaux publics du roi Louis-Philippe, et président de la troisième République française. Page 180, les *Aventures d'un jeune ingénieur,* par Émile With. (Dentu, au Palais-Royal.)

(1) Voici comment on s'y prend pour garantir l'impératrice d'Allemagne de la chaleur, lorsqu'elle voyage pendant l'été en chemin de fer.

Le toit du wagon impérial est recouvert d'une couche de terre dans laquelle est planté du gazon qu'on arrose à plusieurs reprises pendant le parcours.

Grâce à cette couverture verdoyante, les rayons solaires perdent leurs propriétés, et une agréable fraîcheur règne dans l'intérieur du wagon, qui est également aéré par un système de ventilation extrêmement pratique.

(Extrait du journal le *Danube.*)

CHAPITRE XV

Le travail d'une locomotive.

Pour qu'une locomotive produise le plus de travail utile possible, il faut qu'elle se trouve dans un parfait état de stabilité, et que, par suite de la disposition de ses organes, elle puisse développer toute sa force et sa vitesse. Force et vitesse combinées constituent le travail. Les deux facteurs de cette multiplication peuvent changer à l'infini, mais le produit reste le même. Aussi possède-t-on une grande variété de locomotives, car tantôt il s'agit de la vitesse à laquelle on sacrifie la charge à remorquer, tantôt c'est l'inverse.

On classe ces machines d'après plusieurs points de vue : les locomotives à voyageurs (roues grandes et course de piston petite); — les locomotives à marchandises (roues petites et course de piston grande); — les locomotives mixtes (roues et course moyennes); — les locomotives à cylindres intérieurs, extérieurs, horizontaux, inclinés ; — les locomotives à quatre roues, à six roues, à huit roues, à dix roues ; — les locomotives rigides ou articulées, — et ainsi de suite.

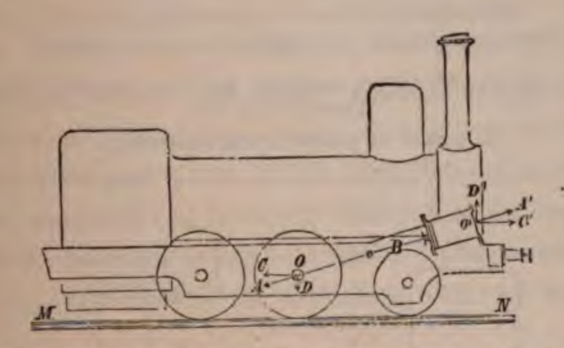
Quel que soit le type de locomotive adopté, les conditions de sa stabilité et de l'évaluation de son travail restent les mêmes, et à ce sujet on peut établir certaines règles générales.

§ 1. — LES CONDITIONS DE STABILITÉ DES LOCOMOTIVES.

Les inégalités ou bosses de la voie qui occasionnent des chocs sur les roues, ainsi que le mouvement du piston, des bielles et des manivelles, déplacent sans cesse le centre de gravité de la machine, la-

quelle, au lieu de suivre une ligne régulière, s'incline tantôt en avant, tantôt en arrière (le tangage ou galop); oscille à droite et à gauche sur son axe longitudinal (le roulis); va en zigzag (le lacet); va et vient le long de l'axe longitudinal (le recul). — Roulis et tangage sont des termes de marine. Lors de la création de la technologie des chemins de fer, on a cherché les dénominations spéciales dans les autres arts et métiers, et on a comparé une locomotive à un navire, dont la marche est identique, comme nous l'avons déjà fait remarquer.

Nous pouvons examiner sur les figures suivantes ces mouvements irréguliers.



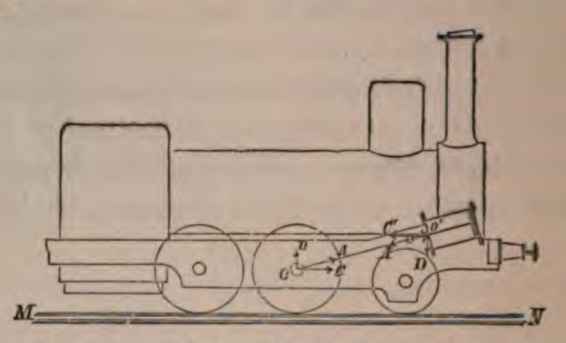
Charge et décharge des essieux ; cylindres inclinés et piston à la fin de sa course.
Premier cas.

A. B. axe du cylindre prolongé par le centre de l'essieu moteur; A, O (à gauche), représente la grandeur de la pression de la vapeur; A', O', grandeur de la pression sur le piston.

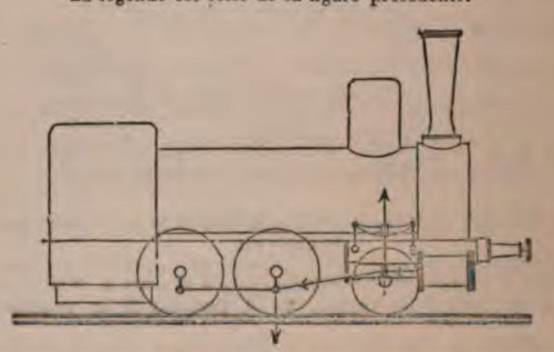
Premier cas. — On voit que, d'après le parallélogramme des forces, AO peut être décomposé en OC et OD; puis la force A'O' en O'C' et O'D'. Les forces OC et O'C' parallèles aux rails MN agissent sur le châssis et se neutralisent. Les forces OD et O'D' agissent verticalement. La première augmente la charge sur l'essieu moteur; la seconde, en tirant en haut, cherche à soulever la locomotive et décharge par conséquent l'essieu d'avant.

Deuxième cas. — Au point mort, la direction des forces est en sens contraire de l'exemple précédent; elles produisent l'effet opposé; l'essieu moteur est déchargé et l'essieu d'avant est chargé. — Ce

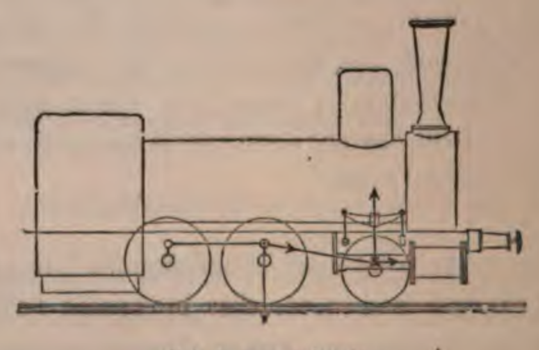
mouvement continuel — le tangage — est dû principalement à l
naison des cylindres. Aussi les cylindres inclinés sont de moi
moins employés.



Charge et décharge des essieux pendant le point mort du piston en avant.
Deuxième cas.
La légende est celle de la figure précédente.



Position verticale de la manivelle en bas et en haut; cylindres horizontaux.
Troisième cas.



Voir la page suivante.

Troisième cas. — Dans ces deux positions, la crosse presse sur la glissière supérieure le plus fortement si le piston est au milieu. A chaque rotation, cette pression s'exerce deux fois et disparaît deux fois ; elle produit donc deux fois le chargement de l'essieu moteur et le déchargement de l'essieu d'avant.

Si la position moyenne de la crosse est au-dessus de l'essieu d'avant, le déchargement est aussi grand que la pression de la crosse contre les glissières. Si l'essieu se trouve plus en avant, le déchargement devient moindre. Il est donc à désirer, pour éviter les déraillements, que l'essieu d'avant avance beaucoup, ou, en d'autres termes, que les cylindres soient bien loin en arrière.

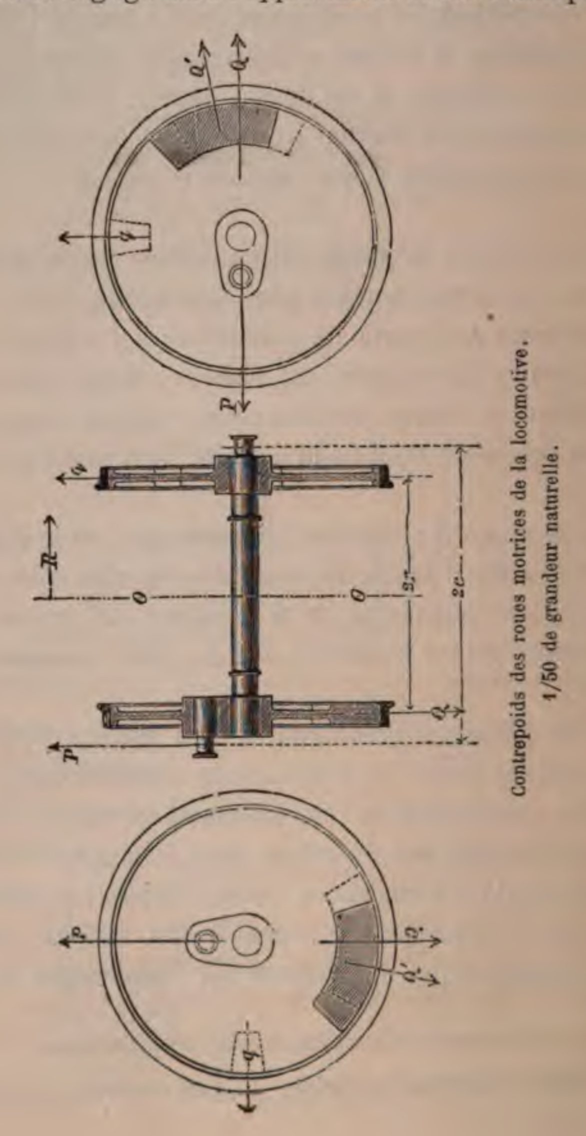
Quatrième cas. — Si le piston est au milieu, il agit le plus fortement sur la roue. Près du point mort, il doit être poussé par cette dernière, en vertu de l'inertie de la machine ; il y a donc un recul, et comme les manivelles se trouvent placées à angle droit la propulsion a lieu alternativement des deux côtés. Ce mouvement contribue au lacet, en dehors du rejet de la machine d'un côté vers l'autre par les rails.

En outre, la pression contre les glissières agit par le châssis et les ressorts sur l'essieu d'avant. Si cette pression d'un côté ne coïncide pas avec celle de l'autre côté de la machine, elle produit le roulis que l'on diminue par les balanciers, comme nous l'avons vu.

Résumé des forces perturbatrices. — Les moyens plus ou moins efficaces employés contre les mouvements perturbateurs irréguliers de la machine consistent dans l'établissement correct de la voie, dans la position horizontale des cylindres, dans la longueur des bielles, dans l'abaissement de la chaudière, dans la disposition judicieuse des ressorts, dans l'espacement convenable des essieux, enfin dans l'équilibre des masses en mouvement par l'application des contrepoids.

Les contrepoids des roues motrices. — Ces contrepoids sont placés

contre la jante sur la ligne droite qui passe par le bouton de l
manivelle et le centre de l'essieu. Leur grandeur dépend de la lon
gueur de la manivelle et surtout de la masse des pièces à équilibre
L'appareil de changement de marche avec les excentriques contrib
aussi aux perturbations ; mais comme sa masse est comparativeme
très faible on la néglige dans l'appréciation de ces contrepoids.



Contrepoids des roues motrices de la locomotive.
1/50 de grandeur naturelle.

Dans la figure ci-contre, on voit que l'espacement des roues $= 2r$ ›t plus petit que celui des cylindres $= 2c$. Les forces P et Q produites ır la machinerie et le contrepoids ne s'annulent pas. Elles cherchent à ›rdre l'essieu sur la verticale OO dans la direction de R. Par un ›ntrepoids q, cette torsion cesserait, mais on arrive au même but ı avançant le contrepoids Q vers Q′, ce qui est sa position réelle.

§ 2. — L'ÉVALUATION DE LA PUISSANCE D'UNE LOCOMOTIVE.

Pour évaluer la puissance d'une locomotive, il faut réunir : 1° la ›ession de la vapeur dans la chaudière et celle dans le cylindre ; › la surface et la course du piston ; 3° la circonférence de la roue ıotrice ; 4° le degré de la détente ; 5° la vitesse de marche.

Nous avons déjà vu que la vapeur perd de sa pression dans son ›ajet de la chaudière au cylindre par suite du refroidissement et des ›ottements, et qu'elle n'arrive au piston qu'à une pression infé- ›ure à celle que le manomètre indique ; en plus, on marche tou- ›ırs avec la détente. C'est donc la pression moyenne pour toute la ›urse du piston qu'il faut connaître ; les physiciens l'ont établie ›puis 6 jusqu'à 12 atmosphères. Nous ne rapporterons pas leurs ›les ; un exemple nous suffira pour la démonstration.

PRESSION DE LA VAPEUR DANS LA CHAUDIÈRE	RÉDUCTION DANS LE CYLINDRE	
	Plein	Avec 3/8 de détente
—	—	—
Atmosphère	Atmosphère	Atmosphère
6	5,32	2,67
10	8,86	4,44
›ditionnons . . 16	14,18	7,11
›nons la moitié 8	7,09	3,55

Ces derniers chiffres que nous venons de composer sont les mêmes ›e ceux de la table des physiciens. Nous soupçonnons ces savants ›voir établi leurs calculs par interpolation ; c'est-à-dire qu'ils ont ›é, d'après plusieurs expériences, quelques points de repère et en ›t déduit ensuite leurs proportions.

DONNÉES RELATIVES A L'ÉVALUATION DE LA FORCE D'UNE LOCOMOTIVE

Rayon du piston (centimètres) (1)	$23 = a$
Surface du piston (centimètres carrés)	$1661 = b$
Course du piston (mètres)	$0.63 = c$
Rayon de la roue motrice (mètres)	$0.70 = d$
Circonférence de la roue motrice (mètres)	$4.40 = e$
Vitesse du train (40 kilomètres par heure, par seconde en mètres)	$8.33 = f$
Nombre des rotations de la roue par seconde . .	$1.89 = g = f/e$
Pression dans la chaudière (atmosphères)	$10 = h$
Détente de la vapeur	$3/8 = i$
Pression effective dans le cylindre (kilogrammes par centimètre carré)	$4.44 = k$
Pression totale effective sur le piston (kilogram.)	$7374 = l = b \times$ [illegible]
Travail effectif d'une course de piston (kilogram.)	$4645 = m = l \times$ [illegible]
Travail effectif par quatre courses de piston ou par une rotation de roue (kilogrammètres) . . .	$18580 = n = m \times 4$
Travail de la machine par seconde (kilogrammètres)	$35316 = s = n \times g$
Travail de la machine en chevaux-vapeur	$470 = s/75$

Le dernier chiffre 75, qui donne les 470 chevaux-vapeur, demande quelques explications. Déjà ailleurs (le livre : les *Machines*) nous avons donné l'historique du cheval-vapeur, et si nous y revenons, c'est parce que certains auteurs persistent à dire que plusieurs chevaux ne marchant pas plus vite que 1 cheval, cette mesure fictive ne peut donner aucune idée précise de la puissance d'une locomotive. C'est là une erreur qu'il faut détruire. Le cheval-vapeur n'est nullement fictif : il représente le travail réel d'un cheval qui consiste à élever 75 kilogrammes à une hauteur de 1 mètre dans 1 seconde. Il est vrai que le mot vapeur est inutile, mais on l'emploie par la raison qu'aujourd'hui la majeure partie des machines motrices sont des machines à vapeur. Dans le cas présent, il s'agit, non pas d'atteler

(1) En France, on compte par diamètre ; partout ailleurs on adopte le rayon, ce qui prouve une fois de plus combien il est difficile d'obtenir de l'uniformité, même dans les choses les plus élémentaires.

es 470 chevaux à un train, mais de les faire travailler à un manège vec engrenages. En combinant leur force avec leur vitesse, ils prouiront le même effet qu'une locomotive ou une machine fixe sur les lans inclinés des chemins de fer.

La force théorique de la locomotive étant ainsi trouvée, il s'agit de onnaître le travail pratique que celle-ci exécute, à savoir : la charge u'elle peut traîner, — la vitesse inscrite dans le tableau des trains tant une donnée obligatoire.

Le travail utile fourni par une locomotive dépend du plan et du rofil longitudinal de la ligne, c'est-à-dire des alignements et ourbes, des paliers et pentes, ainsi que de leur longueur et de l'état e viabilité de la voie : rails secs sur des remblais, rails humides dans es tunnels.

En combinant ces données, on arrive à diviser un réseau total en ections ou catégories dont la plus facile à franchir appartient au chemin de plaine et la plus difficile au chemin de montagne. Il y a des réseaux à huit catégories et au delà.

Si l'on veut admettre — à titre de démonstration — deux catégories extrêmes et une catégorie moyenne exploitées avec dix espèces de machines, on peut former le tableau suivant, dont les six premiers numéros comprennent les trains de voyageurs et mixtes (grande vitesse), et les trois derniers numéros, les trains de marchandises où le tonnage entre en compte (petite vitesse). A conditions égales, le nombre des véhicules et la charge dépendent du type de machines et s'intercalent dans les chiffres limites. Ajoutons que ce tableau se rapporte au service d'été ; pour le service d'hiver, il faut défalquer une à deux voitures et vingt à vingt-cinq tonnes.

MODÈLE D'UN TABLEAU DE LA COMPOSITION ET DE LA CHARGE DES TRAINS DE TOUTE NATURE SUR DES LIGNES DE DIVERSES CATÉGORIES ET REMORQUÉS PAR DIX ESPÈCES DE MACHINES

	Vitesse des trains par kilomètre et par heure (temps d'arrêt non compris).	LIGNES DE Ire CATÉGORIE		LIGNES DE IIe CATÉGORIE		LIGNES DE IIIe CATÉGORIE	
		Nombre des véhicules remorqués	Nombre des tonnes remorquées	Nombre des véhicules remorqués	Nombre des tonnes remorquées	Nombre des véhicules remorqués	Nombre des tonnes remorquées
	kilomètres	—	—	—	—	—	—
1	76 à 80	11 à 7	»	9 à 5	»	6 à 5	»
2	69 à 75	13 à 8	»	11 à 6	»	8 à 6	»
3	61 à 68	15 à 10	»	13 à 8	»	10 à 7	»
4	53 à 60	17 à 11	»	15 à 10	»	12 à 8	»
5	45 à 52	20 à 12	»	18 à 10	»	15 à 9	»
6	39 à 44	24 à 13	»	22 à 11	»	18 à 10	»
7	32 à 38	50 à 15	350 à 90	44 à 13	290 à 70	32 à 16	220 à 50
8	25 à 31	50 à 30	450 à 100	50 à 24	375 à 80	40 à 20	265 à 60
9	20 à 24	50 à 32	500 à 110	50 à 25	410 à 90	45 à 24	285 à 70

§ 3. — L'ÉVALUATION DE LA VITESSE DES LOCOMOTIVES.

La vitesse du parcours, ou plutôt la durée du voyage que le public cherche à connaître d'après le tableau des trains, comprend le temps d'arrêt aux gares.

La vitesse réelle absolue est celle de la marche de la locomotive entre deux stations, dès lors, sans arrêt, sauf accident.

Constatation de la vitesse des locomotives au moyen du tachomètre. — Le tachomètre est une espèce de compteur écrivant auquel la rotation des roues d'un train est communiquée par une courroie; un style y trace des diagrammes sur une feuille de carton; la grandeur des lignes de ces diagrammes varie suivant la vitesse de la marche.

Cette invention, due à M. l'ingénieur Deniel et délaissée pendant quatre lustres, semble revenir à la mode. On voit dans les journaux les annonces de nombreux établissements de construction qui se livrent d'une manière spéciale à la fabrication de ces instruments

Nous en avons trouvé beaucoup sur les chemins étrangers, mais toujours à l'état d'essai, sans pouvoir nous rendre compte de la nature de ces essais, en dehors du relevé des parcours dans les gares.

Ce n'est certes pas du fonctionnement régulier de cet appareil que l'on s'inquiète, puisque l'inventeur l'a obtenu d'une manière parfaite, et qu'en somme ce n'est pas là un problème de mécanique bien difficile à résoudre ; ce sont plutôt ses services réels qu'il s'agit de constater, ce qui ne semble pas aisé. D'abord on se heurte contre le principe même du tachomètre ou tachographe qui offre un moyen de contrôle indiscutable, et les mécaniciens n'aiment pas à être contrôlés ; ensuite vouloir leur démontrer, preuve en main, qu'ils ont augmenté ou diminué la vitesse réglementaire, c'est provoquer de leur part des explications plus ou moins plausibles, qu'en définitive il faut toujours accepter pour ne pas revenir sur des faits accomplis et perdre du temps de part et d'autre. Cependant cette règle n'est pas absolue. Il existe des chemins de fer où des mécaniciens modèles aiment ce contrôle parce qu'il peut démontrer une fois de plus leur capacité et la régularité de leur service ; soit. Mais, dans ce cas, ce contrôle, qui prouve une chose connue, devient inutile pour l'intérêt général.

Il y a quelques années, un terrible malheur est arrivé à la suite du déraillement d'un express dans une courbe en déblais ; la locomotive avait été lancée contre le roc, le fourgon et plusieurs voitures avaient été brisés. La cause de ce déraillement fut attribuée à l'exagération de la vitesse. Du moins les voyageurs l'ont affirmé, mais le mécanicien et le chauffeur l'ont nié.

Me trouvant tout près de l'endroit du désastre, je me suis mis sur-le-champ à la disposition des ingénieurs qui commandaient la manœuvre de sauvetage. On me chargea de la recherche du tachomètre ; mais dans le fouillis inextricable résultant de cet immense choc je n'ai découvert nulle trace de cette pièce de conviction. L'enquête n'eut aucune suite, ni administrative, ni judiciaire. Il n'est peut-être pas superflu d'ajouter que cette ligne appartient à un certain État.

En résumé, la nécessité, même la possibilité de la constatation absolue de la vitesse, peut donc paraître douteuse. Les Américains ne

partagent nullement cet avis, car ils placent à chaque train, — non pas sur la locomotive, mais pour plus de sûreté dans un wagon, — leur *railway speed register* (enregistreur de vitesse de chemins de fer).

Vitesse des trains. — Aux innombrables trains français dont il serait trop dispendieux de donner la nomenclature il faut, à notre frontière de l'Est, ajouter les trains accélérés qui sont, à ce qu'il paraît, un terme moyen entre les trains des associations allemandes et les trains de transit. Nous n'avons pas pu dégager la vérité dans toutes les explications contradictoires qui nous ont été données à ce sujet, et nous ne prendrons pas la peine de pénétrer ce mystère.

Ce qui intéresse le mécanicien bien plus que les noms des trains, c'est leur grande vitesse. Il sait que les trains extra-rapides marchent en moyenne à raison de 85 kilomètres, et les express à raison de 75 kilomètres arrêt non compris. En Amérique, il y a des trains ordinaires sans arrêt, à raison de 90 kilomètres à l'heure, — limite qu'il est inutile de dépasser. Et cependant on la dépasse quelquefois dans les trains extraordinaires. C'est alors que le mécanicien doit faire preuve de son savoir, de son adresse, de son.... talent. Biffez ce dernier mot si vous osez.

Vous ne savez pas, peut-être, mon jeune élève, ce que c'est qu'un train extraordinaire. — Je vais avoir l'honneur de vous le dire.

C'était il y a longtemps et bien loin de notre beau pays de France que, par suite des hasards d'un voyage technique, je fus forcé de m'arrêter dans une petite station, avec ses abords gardés par la troupe et les gendarmes à cheval. Le chef de gare, suivi de son sous-chef comme d'une ombre, courait des aiguilles au télégraphe, du télégraphe aux aiguilles, haletant, inquiet, regardant en l'air pour voir si le signal du sémaphore était toujours en place, regardant par terre si les rails, par suite de quelque sortilège, n'avaient pas changé de position.

Cela se comprenait en quelque sorte; cette gare était une gare de bifurcation où plusieurs lignes se croisaient; le trafic y était énorme et la moindre inadvertance dans la manœuvre des signaux, ou le

moindre changement dans la marche des trains qui n'eût pas été bien indiqué ou bien interprété, pouvait amener de terribles catastrophes.

La cloche électrique sonna trois coups. « En sept minutes......... » me dit le chef de station en tirant sa montre, qu'il garda à la main ; il avait l'air de compter les secondes.

Un profond silence régnait partout ; on se serait cru dans un désert. Enfin un coup de sifflet prolongé se fit entendre et le convoi extraordinaire entra en gare.

Sur la plate-forme de la machine, j'aperçus deux mécaniciens et un chauffeur ; près du tender, deux fonctionnaires en cravate blanche et n'ayant pas figure humaine. Jamais de la vie je ne les oublierai, avec leurs yeux injectés de sang, la bouche ouverte et les lèvres gonflées. J'ai su plus tard qu'il y avait déjà huit heures qu'ils étaient là à leur poste. C'était M. le directeur de la construction en personne et M. le directeur de l'exploitation..... également en personne. Ils paraissaient écrasés sous l'immense poids de leur responsabilité, car ils transportaient César et sa fortune, — à raison de 100 kilomètres à l'heure, arrêt non compris.

Derrière la machine, dans un fourgon, se tenait un ingénieur de la traction faisant fonctions de chef de train, et assisté de quatre chefs de train faisant fonctions de conducteurs. Puis suivait une toute petite voiture à voyageurs, ouverte aux deux bouts, d'après le système américain. La queue du train était formée d'une espèce de wagon à houille, à glace, ou à bière, je ne sais trop, probablement approprié à la circonstance ; je n'en ai pas revu de pareil.

Dans ce triste véhicule, on pouvait voir deux personnages en culotte d'argent et en habit brodé et chamarrés de décorations de toutes couleurs ; l'un avait un tricorne bordé de plumes d'autruche, l'autre était nu-tête ; un coup de vent lui aura sans doute enlevé son chapeau. C'étaient pour sûr des chambellans, à en juger par la petite clef cousue dans le dos entre deux boutons d'or. Ils avaient pour compagnons deux graisseurs de route et un garde-frein, la main sur sa manivelle.

On s'arrêtait à peine trois minutes, temps strictement nécessaire pour faire sonner les roues, vérifier les boîtes à graisse et pour jeter au tender ses provisions.

Dans ce court intervalle, le potentat en paletot gris se présenta à l'entrée de sa voiture et souleva sa casquette de voyage.

Officiers et soldats criaient : « Hourra! Hourra! » Et bourgeois et manants criaient : « Vive, vive le père de la patrie! » Puis on se remit en marche à toute vapeur.

Nous suivîmes des yeux tout ce beau monde, et quand nous l'eûmes perdu de vue, mon chef de gare se tourna vers moi en s'écriant avec un profond soupir de soulagement : « Grâce au ciel, je ne suis plus responsable, et maintenant....—J'ai saisi votre pensée, » lui répondis-je, en serrant ce brave homme dans mes bras.

Voilà, ami lecteur, le spécimen d'un train extraordinaire. Il y en a de forme plus élégante, mais le fond est le même. Prenez-en un si le cœur vous en dit et si votre bourse y répond, mais daignez écouter le conseil que tout mécanicien donnera aux heureux de la terre, le jour où la vérité aura quelque chance d'arriver à leurs augustes oreilles : Renoncez à votre luxe extraordinaire, car si vous connaissiez les transes où vous plongez les pauvres employés de la voie et du matériel, en jetant la perturbation dans le service ordinaire ; si vous soupçonniez seulement les dangers auxquels vous vous exposez bien inutilement, vous prendriez plutôt un train-omnibus ou à défaut un convoi de marchandises, voire même..... un convoi de bestiaux. J'ai dit.

CHAPITRE XVI

Les fonctions du mécanicien.

mécanicien a pour chef immédiat le chef du dépôt des locomo- et celui-ci l'ingénieur de la traction. Les employés du service du ement lui indiquent les heures de départ et le temps des arrêts. iefs de gare commandent les manœuvres pour avancer ou reculer ır composer les trains. Si ces manœuvres lui paraissent dange- ;, il doit s'en référer à son supérieur, ou se refuser à les exé- s'il y a danger, car en définitive il y va de sa vie et du salut ; voyageurs. Entre deux stations, il est sous les ordres du chef iin pour tout ce qui ne concerne pas spécialement le service que de la machine. Il faut qu'il se gare dans une voie d'évite- dès que le chef de train le demande.

nécanicien doit faire ses observations d'une manière calme, afin es n'aient pas l'air d'un acte d'insubordination; par exemple, si ef de gare, ne possédant pas les connaissances spéciales néces- veut le forcer à conduire un train surchargé. — Dans tous les évitera des discussions, surtout avec le chauffeur, qui n'est pas ient son subordonné, il est aussi son élève. Il lui apprendra la ite du feu et de l'eau, le graissage, le service des freins, le la- le la machine, ainsi que les manœuvres et les réparations. Il ; rappeler qu'il a été élève lui-même et que si, au bout de six l a appris à conduire une locomotive, il lui a fallu plusieurs an- 'un travail assidu pour devenir maître dans son art.

ettra son amour-propre à maintenir en bon état la machine qui

lui a été confiée; il doit s'y attacher et la soigner comme si c'était son bien. De la propreté de la machine on peut conclure au zèle et à l'intelligence du mécanicien; — si la machine est sale, cela prouve qu'il l'a laissée primer et qu'il a gaspillé la graisse et l'huile.

Dans les stations de parcours commun et dans les stations étrangères, le mécanicien en imposera par sa capacité et sa tenue correcte, afin qu'on ait bonne opinion de lui ainsi que de l'administration à laquelle il appartient. Cependant il ne s'approvisionnera pas dans ces gares; car il sait qu'il faut, pour éviter des écritures inutiles, ne pas compliquer les décomptes.

C'est surtout en hiver que le mécanicien est mis à même de montrer les belles qualités qu'on exige de lui. S'il reçoit le vent glacé et la neige à la figure, il doit néanmoins avoir les yeux bien ouverts sur les signaux, et les mouvements bien prompts pour exécuter ses manœuvres; rien ne doit le troubler dans l'exercice de ses fonctions, ni ce ferraillement continuel du train, ni toutes ces voix de la nature qui se font entendre si fort dans les nuits de tempête, car plus haut encore doit parler la voix du devoir. Pas une minute de retard pour l'arrivée à sa station. Régulière comme la marche d'une horloge doit être la marche du train; la moindre inobservation des règlements entraîne pour le mécanicien et son chauffeur toujours des réprimandes, souvent des punitions.

§ 1. — LE SERVICE DU MÉCANICIEN AVANT LE VOYAGE.

Le mécanicien arrive au dépôt une heure avant le voyage pour visiter sa machine. L'allumage en a été confié à un chauffeur de nuit; les machines de jour sont allumées par le mécanicien et son chauffeur. En France, généralement, la locomotive est donnée toute prête pour être conduite.

Allumage et préparation de la locomotive. — Pour mettre en feu une machine, on étend sur la grille 5 kilogrammes de fagots et de

s morceaux de bois, puis une couche de houille de 150 à 200 kilo-
mes. On allume le foyer au-dessous des barreaux de la grille avec
ieilles étoupes qui, ayant servi au nettoyage, sont toujonrs rem-
de graisse ou de térébenthine. Il est avantageux que l'eau entre
de dans le tender, — en hiver surtout ; — on la chauffe dans les
rvoirs avec des combustibles de rebut. Le moment de l'allumage
nd aussi de la température, et pour qu'il ne dure pas trop long-
s on ne remplit d'eau froide la chaudière que jusqu'au robinet
reuve inférieur.

doit charger le combustible en quantité voulue, afin que la va-
n'atteigne sa tension ni trop tôt, ni trop tard. Dans le premier
il se produirait un excès de vapeur qu'il faudrait laisser s'é-
per; dans le second cas, la machine ne marcherait pas. — On
ouvrir la porte du foyer ou fermer celle du cendrier, quand le
bon est bien pris et quand la flamme en a déjà percé la couche.
ut chauffer trois à quatre heures pour obtenir une pression de
atmosphère et demie, ce qui est suffisant pour aller à la grue hy-
lique ou à la plaque tournante. Après une nouvelle heure, le feu
clair et la machine se trouve à la pression voulue.

mécanicien a dû vérifier la veille si l'eau de la chaudière se
au moins jusqu'au robinet le plus bas; si les robinets purgeurs
ylindre sont ouverts; si le tiroir est à son milieu et le frein du
ler serré; si le régulateur est fermé, car s'il restait ouvert, ainsi
le tiroir, la machine pourrait se mettre en mouvement toute
e. Enfin il faut s'assurer que l'eau se trouve à la hauteur voulue
le tender; il est déjà arrivé qu'on a chauffé des chaudières à
près vides, ce qui a entraîné la destruction de la boîte à feu et
tubes.

tender est tant soit peu négligé; il semble ne pas faire partie
locomotive; le mécanicien doit cependant le visiter dans tous
létails, car il en est responsable.

ès que la machine est attelée, on procède au graissage, et tou-
dans le même ordre, afin qu'aucune pièce ne soit oubliée. Cette
ation doit avoir lieu au dernier moment, afin que l'huile ne tombe

pas par terre, mais puisse pénétrer dans les articulations, ce qui ne peut se faire que par le mouvement du train.

Accidents avant le voyage. — Les accidents qui peuvent arriver avant le voyage sont, outre l'explosion, le subit départ d'une locomotive ou de wagons qui, mal calés, ont été chassés par le vent.

Dans ces circonstances, la conduite du mécanicien est toute tracée... sur le papier. Vite, il s'empare d'une machine toute prête, — s'il y en a une, — rattrape la machine en dérive, grimpe sur la plate-forme, ferme le régulateur et accroche cette machine à la sienne. Quand ce sont des wagons, il court après eux et jette sa chaîne d'attelage dans le crochet du dernier wagon. Pendant ces manœuvres, les chefs de station avertissent leurs collègues qui ouvrent une voie de garage pour donner, le cas échéant, asile au véhicule en perdition.

Cette manière de procéder ne résulte pas d'une mesure uniforme. Dans chaque pays se trouvent des dispositions spéciales. (Voir le règlement des chemins de fer de l'État français concernant les mécaniciens et les chauffeurs, à la fin de ce chapitre.)

La statistique générale des chemins de fer mentionne ces sortes d'accidents comme des suites très rares de la négligence. Nous n'y en avons vu que deux, mais qui ont donné lieu à de grands désastres.

§ 2. — LE SERVICE DU MÉCANICIEN PENDANT LE VOYAGE.

Au moment où le train se met en marche, le mécanicien jette un coup d'œil en arrière pour s'assurer que tous les wagons le suivent; plus d'une fois quelques-uns sont restés à la gare.

Il connaît la vitesse et les temps d'arrêt d'après les tableaux des trains dont il porte un exemplaire sur lui. Quant à la durée du trajet, qui est en moyenne de 10 heures pour le mécanicien, elle est réglée sur l'horloge de la station, sur laquelle il doit régler sa montre.

En route, il doit maintenir sa vitesse normale, car tout changement rusque ferait un mauvais effet sur les voyageurs, et pourrait, en utre, amener la rupture des attelages. Il est donc nécessaire qu'il uisse toujours disposer d'un excès de vapeur pour éviter de se rouver en détresse ; à l'approche d'une station, il ferme le régula-eur, marche avec la vitesse acquise, puis siffle aux freins.

L'entrée en gare ne doit pas s'effectuer par l'inertie du train avec es tampons serrés. Il faut que la locomotive guide le convoi, et elle loit ne pas se laisser pousser par lui. Le régulateur sera ouvert lé-gèrement, afin d'avoir les chaînes tendues avec lesquelles on passe plus facilement dans les aiguilles. Si la vitesse est trop grande, on est obligé de serrer fortement les freins; alors les roues immobiles, qui passent sur les aiguilles et les cœurs de croisement, les dété-iorent en se détériorant elles-mêmes, sans compter les chocs tou-jours nuisibles pour tout le matériel, ainsi que nous l'avons indiqué ans le chapitre des freins.

La conduite d'une machine repose sur le rapport convenable entre s trois données fondamentales : quantité d'eau, activité du feu, dé-ense de vapeur. Si ce rapport n'est pas maintenu, la pression tombe, pour qu'elle se relève il faut s'arrêter en route, chauffer et ali-enter, comme si l'on était encore au dépôt.

Machines de renfort. — Quand une charge exceptionnelle est à emorquer, quand les pentes sont très fortes, quand la voie par suite e l'intempérie des saisons est plus difficile à franchir, enfin quand une comotive avariée doit retourner au dépôt, on emploie une ma-hine de renfort. Si la machine à ramener n'est pas en feu, il faut n démonter les tiges du tiroir et les bielles motrices, à moins d'y ire monter un graisseur spécial.

La machine la plus forte devient la machine de renfort en tête. Le remier mécanicien commande le second qui observe le train, car a corde-signal ne va que jusqu'à lui. La machine de renfort qui ousse le train n'est jamais attelée ; la première ne donne la vapeur

que si elle se sent poussée. C'est un cas exceptionnel, qui ne doit pas se présenter en dehors des gares.

Quand on envoie une machine de secours, — naturellement en dehors du tableau, cheminée en arrière et à contre-voie, — le mécanicien, si sa vue n'embrasse pas une grande étendue de terrain, marche aussi doucement que possible, car le tender est un peu moins stable que la locomotive, et empêche en outre de voir distinctement les signaux.

Le mécanicien d'avant est responsable de la vitesse et de l'observation des signaux. Le mécanicien d'arrière ne joue, pour ainsi dire, qu'un rôle passif; mais il veut également gagner la prime d'économie de combustible. Quelque faible qu'elle soit pour les petits parcours des trains à deux machines, elle se répète encore assez souvent pour donner un bénéfice qui n'est pas à dédaigner. Les deux mécaniciens en même temps laissent tomber quelquefois la pression. Il en résulte des retards, et on ne peut guère établir à qui incombe la faute. Le résultat de l'enquête est généralement que les deux mécaniciens sont punis, à moins que l'un n'ait sa réputation bien établie près de ses supérieurs. — Pour éviter toute discussion, il est préférable de partager la prime, comme cela a lieu sur les chemins de fer français (1).

(1) PRIMES ACCORDÉES AUX MÉCANICIENS ET CHAUFFEURS.

La prime de régularité de marche varie de 1,5 à 2 centimes pour les machines à voyageurs, et elle peut atteindre 2,5 pour les machines de marchandises par kilomètre parcouru.

Pour la prime de régularité, les mécaniciens la perdent s'ils arrivent cinq minutes après l'heure prescrite. Il en sera de même pour ceux qui, étant en retard, ne regagnent pas, dans une certaine mesure, le temps perdu, lorsque la charge du train le permettra. S'il est reconnu que les retards doivent être attribués à une économie mal entendue dans les dépenses de combustible et de graissage, des amendes spéciales pourront être infligées selon la gravité des circonstances.

Les allocations de combustible, en gros et en tout-venant, celles de graissage, et la prime de régularité de marche, accordées aux mécaniciens par kilomètre parcouru, sont réglées d'après le type de la machine, la charge du train et la saison de l'année.

L'allocation de combustible, pour les machines à voyageurs, est, en moyenne, de 10 kilogrammes par kilomètre en été, et de 11 kilogrammes en hiver; celle des machines à marchandises peut s'élever, suivant les types, de 14 à 15 kilogrammes. Cette allocation est augmentée, pour les machines à voyageurs, de 1k,5 en moyenne

Accidents pendant le voyage. — Les départs retardés n'entraînent pas, en général, des suites fâcheuses ; ils proviennent — et cela est même très rare — de l'absence du mécanicien ou de son aide à leur poste, de leur indisposition subite, de l'insuffisance des approvisionnements, du manque de pression, des défauts de la machinerie découverts au moment même du départ. Puis il y a des causes qui ne sont pas le fait du mécanicien, telles que l'affluence imprévue de voyageurs, laquelle exige des manœuvres de gare pour intercaler des voitures, ou encore pour sortir des wagons séparés.

Pour éviter les accidents, le mécanicien ne s'arrête ni dans les passages à niveau, ni dans les courbes et les tunnels, à moins d'une impérieuse nécessité. S'il est surpris par un déraillement ou une collision, il siffle aux freins et serre son propre frein. Il dirige, quand l'accident est arrivé, le relèvement des wagons déraillés ; il fait

pour une surcharge de 1 à 3 voitures, et de 3 kilogrammes pour 4 voitures et au-dessus. La proportion de tout-venant à consommer est déterminée par un tableau spécial ; elle peut s'élever jusqu'à 80 p. 100 dans les machines à grand foyer.

La somme allouée pour le graissage aux machines à voyageurs varie, suivant le type, de 2 fr. 50 à 3 fr. 20 ; elle peut atteindre 4 fr. 50 pour certaines machines à marchandises. Le kilogramme de graisse et suif est compté alors à 1 fr. 10 et le kilogramme de graisse à 0 fr. 60.

Des primes sont accordées aux mécaniciens qui réalisent des économies sur ces allocations de combustible et de graissage. Elles sont de 4 francs par 1,000 kilogrammes économisés sur les quantités allouées, lorsque les mécaniciens auront consommé la proportion de tout-venant fixée pour leur machine ; de 1 franc par 1,000 kilogrammes de tout-venant employé en remplacement de gros combustible ; de 3 francs seulement pour 1,000 kilogrammes économisés, si la consommation de gros combustible dépasse la proportion fixée.

Tout excédent de consommation non justifié entraîne une retenue de 0 fr. 59 par 1,000 kilogrammes.

Pour les économies de graissage, la prime accordée est 25 p. 100 de la valeur économisée sur la somme allouée.

Tout excédent de consommation donnera lieu à une retenue du dixième de la valeur consommée en plus.

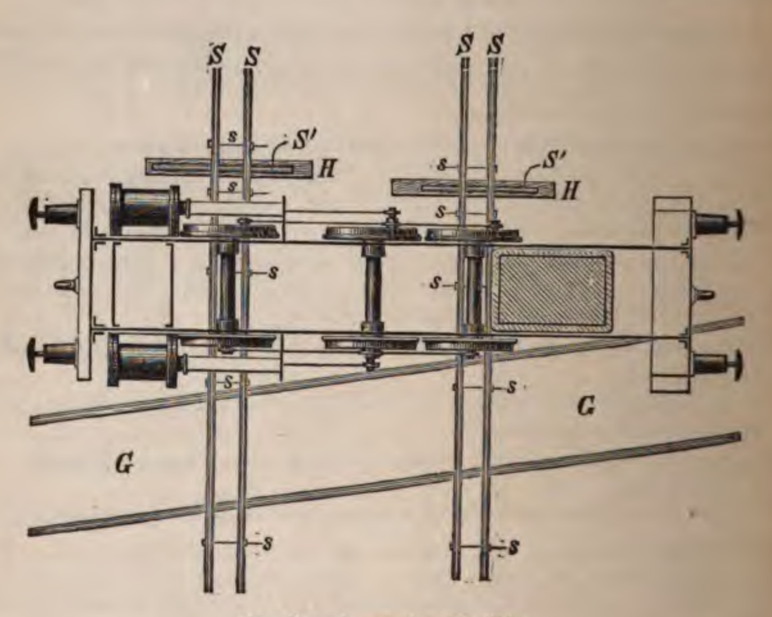
Toute avarie des pièces de machine résultant du défaut de graissage sera très sévèrement punie.

Pour les chauffeurs, les primes d'économie, de graissage et de régularité, ainsi que les retenues pour excédent de consommation ou irrégularité de marche, seront la moitié de celles du mécanicien.

remonter sur la voie ceux qui sont restés debout, en plaçant les roues sur les madriers ; mais s'ils ont été renversés, ou si les essieux en sont cassés, ou si la locomotive a déraillé, il fait les signaux de détresse, après avoir éteint le feu et vidé la chaudière. Il garde le commandement jusqu'à l'arrivée des ingénieurs avec leur wagon de secours, dont il y a un dans chaque grand dépôt prêt à partir avec son chargement d'agrès. On déblaye le terrain pour y poser des pièces de bois nommées ablots, devant servir de support aux crics et aux vérins ; on fait arriver la machine au-dessus des rails, et on l'y laisse retomber doucement.

On sépare la machine du tender, ce qui peut devenir une opération très difficile si les boulons et les tiges de traction sont tordus. C'est suivant les circonstances qu'on garde de la vapeur en réserve pour que la machine se remonte elle-même sur les madriers.

On se sert de crics pour la soulever et on la soutient par des traverses dans les cas où les crics s'affaisseraient. Les boîtes à graisse sont calées, afin qu'on puisse glisser sous les roues les rails S,S qui



Plan d'une locomotive déraillée.

s'appuient sur les rails de la voie G, G et sur les bouts de rails S′, S′, placés comme supports sur les traverses H. Les rails S, S sont reliés par les tringles *s*, *s*; les roues extrêmes portent sur les rails, les roues du milieu restent libres. Les crics sont appliqués du côté extérieur, et poussent la machine jusqu'à ce que toutes les roues portent sur la voie principale; on la surhausse de nouveau pour retirer les rails auxiliaires; si les essieux n'ont pas tous déraillé, on soulève la machine avec un vérin pour la remettre en place.

En dehors des machines ordinaires à soulever les fardeaux, telles que crics à manivelle ou à crémaillère, vérins à vis, crics et vérins hydrauliques, il y a des appareils spéciaux destinés au relèvement d'une locomotive déraillée et à son ripage ou déplacement horizontal; c'est la rampe Stroudley et le vérin poulain Mathias.

La rampe Stroudley est un plan incliné en fer, du poids de 80 kilogrammes, dont les extrémités reposent sur les supports des rails, et sur lequel on pousse la machine au moyen de leviers en fer. Il doit se trouver toujours quatre de ces rampes dans un wagon de secours.

Les appareils Mathias ont pour but d'exécuter avec plus de promptitude ces opérations. Les vérins à manivelle du poids de 150 kilogrammes ont un écrou à patins qui monte sur sa vis et se place dans diverses directions. A cet écrou sont fixés des fers recourbés, des nez qui attaquent les traverses. Avec ces vérins, on soulève la machine par ses quatre côtés à la fois.

Les poulains de ripage Forquenot Mathias, ou poutres en fer avec un cric horizontal, sont placés sous l'essieu d'avant et sous l'essieu d'arrière ; on y fait reposer les rebords des roues qu'on pousse ensuite d'aplomb sur les rails avec des crics.

La rupture des attelages peut produire la séparation du convoi. Dans ce cas, les conducteurs doivent serrer les freins dans la partie détachée, que le mécanicien rejoindra ou laissera venir, suivant qu'on se trouve sur une pente ou sur une rampe. Dans aucun cas, il ne cherchera à rattraper la coupure du train, s'il ne la voit pas distinctement.

Par suite — disons de quelque malentendu — des chefs de gare

lancent deux trains l'un contre l'autre. Quand la collision est inévitable, les mécaniciens serrent les freins, renversent la marche et reculent, — s'ils croient avoir le temps nécessaire, — sinon ils ferment tous les robinets et jettent le feu.



Vérin destiné à soulever une machine déraillée.

Le chevauchement ou choc d'un train contre le train précédent a lieu à l'entrée des gares comme en pleine voie. Le mécanicien d'avant accélère sa marche, celui d'arrière la ralentit. Si par malheur la combinaison de ces deux mouvements opposés ne peut pas se réaliser, le mécanicien d'arrière ferme le régulateur, et au moment suprême saute avec son chauffeur... à la grâce de Dieu !

§ 3. — LE SERVICE DU MÉCANICIEN APRÈS LE VOYAGE.

Arrivé près du dépôt, le mécanicien doit garder assez de vapeur pour mettre sa machine sur la fosse. Il visite toutes les pièces des mécanismes pour voir si les clavettes, les goupilles, les écrous, les vis, les garnitures, les coussinets sont en ordre. Pendant cette visite, le chauffeur nettoie les tubes ; si un obstacle y est rencontré, le mécanicien doit en être prévenu, car il a dû se former un commencement d'obstruction qu'il s'agit d'enlever avec une tringle coupante, et cela avec beaucoup de précaution pour ne pas crever le tube.

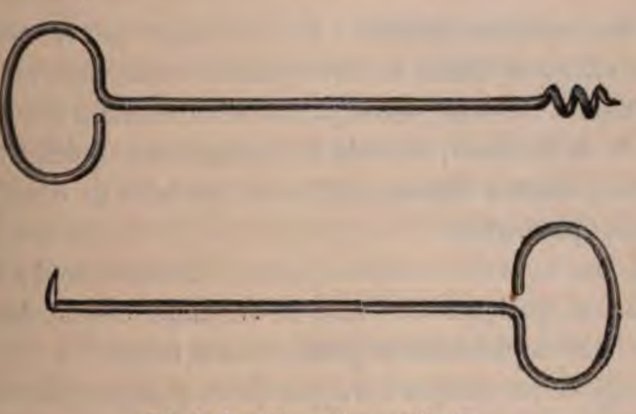
Le mécanicien surveille le chauffeur pendant le balayage de la boîte à fumée, pendant le nettoyage du tuyau d'échappement, le râclage de la cheminée, et le remplacement des barreaux de grille.

Travail du mécanicien au dépôt. — Il est utile que le mécanicien puisse profiter de quelques jours de repos pour réparer lui-même avec quelques aides sa machine ; il sait alors prévoir l'époque où elle

entrer en grande réparation. Pendant que l'on met les roues e tour, il peut s'occuper du dressage des glissières et des plaques arde, ainsi que du nettoyage des boîtes à graisse. Lorsqu'il a rt les pompes, les injecteurs, les tiroirs, les cylindres pour tra-er dans une de ces pièces, il faut qu'il tienne les autres pièces hées avec des chiffons, afin que rien n'y tombe; c'est là une ıution indispensable.

ı ce qui concerne les pistons, il s'assure, avant de les remettre lace, si les segments portent partout, ou s'ils commencent à s'u-S'ils ne s'appliquent pas exactement contre le cylindre dans tout parcours, on les ouvre et on les martelle à l'intérieur, ce qui de-de une grande habileté. Les boulons et les vis d'un piston sont ;s fortement, car, s'ils venaient à se détacher, ils tomberaient dans ylindre et pourraient occasionner de graves accidents par la rup-du piston.

reste encore à vérifier les garnitures; si elles sont en mauvais , il faut les arracher avec la tringle ci-dessous et placer de nou-



Tringle de nettoyage des garnitures.
1/2 de grandeur naturelle.

es mèches de chanvre enduites de suif, qu'on roule autour des s et qu'on pousse dans la boîte à étoupes jusqu'à ce qu'elle soit plie; on les serre alors avec le presse-étoupes, pour les comprimer; n recommence cette opération jusqu'à ce que la boîte soit suffi-

samment remplie ; il faut serrer les garnitures au fur et à mesure qu'elles diminuent de volume.

Ainsi préparée, la machine est remise entre les mains des nettoyeurs qui la fourbissent avec des étoupes imbibées d'essence de térébenthine ; les endroits vernis doivent être lavés avec l'eau de savon ; la machinerie doit être frottée avec du suif pour empêcher la rouille. C'est une opération très utile, quoiqu'il semble qu'elle ne soit faite que pour la forme. Il n'en est pas ainsi, car, si la machine est bien luisante, les fissures et les criques y apparaissent plus facilement. Du reste, les chefs de dépôt sont là pour exercer le contrôle ; car en résumé, c'est sur eux que pèse la responsabilité (1).

Quand l'âge ou les infirmités obligent le mécanicien à quitter les trains réguliers et même le service des gares, il peut devenir monteur chargé dans le dépôt de l'entretien et des réparations.

De l'entretien courant dépend la durée d'une machine dont l'usure naturelle doit être suivie très attentivement pour être arrêtée à temps, afin que le service ne soit pas compromis par la rupture d'une pièce.

Essai des machines neuves. — La locomotive neuve est vérifiée dans ses moindres détails au dépôt par le mécanicien, en présence des ingénieurs. Elle est accompagnée d'un monteur qui défend les intérêts de sa fabrique ; ceux de la Compagnie sont défendus par le mécanicien ; intérêts opposés qu'il n'est pas facile de concilier, si le travail n'est pas parfait.

Comme une nouvelle machine exige au commencement plus d'huile et de charbon, quelques fabricants de l'étranger croient devoir offrir une indemnité au mécanicien qui toujours la refuse.

Il commence par essayer les appareils de graissage, les lanternes, les clés à vis et tout l'outillage fourni avec la machine ; il vérifie si dans le tender on n'a pas oublié des étoupes, des chiffons, des ins-

(1) En Angleterre, lors d'un accident causé par une machine en mauvais état, la justice a découvert le dépôt d'où est sortie cette machine ; le mécanicien d'abord mis en cause, a été acquitté, et l'ingénieur du matériel a été condamné à la prison.

truments, et si les coffres sont solidement attachés. Avant de mettre sa machine en pression, il la fait pousser par l'équipe avec le levier en fer ci-dessous pour voir si le tiroir marche correctement et si les



Levier en fer pour soulever les roues motrices.

crosses ne frappent pas contre les boîtes à étoupes. Chaque détail, quelque minime, quelque caché qu'il soit, mérite la même attention que les grandes pièces extérieures.

Le monteur doit faire connaître au mécanicien la nature du métal des coussinets et des tables de friction, afin qu'on y adapte le mode de graissage convenable. Il faut sonder la chaudière avec des fils de fer pour s'assurer que les chaudronniers n'y ont pas laissé tomber des vis, des rivets ou des écrous.

Cet examen terminé, on procède à l'alimentation de la chaudière, laquelle doit être remplie en entier, afin que l'échauffement se produise avec lenteur à cause du vernis de la peinture ; mais, comme elle primerait, on laisse, avant le départ, couler l'eau jusqu'au niveau moyen. Dès que la vapeur se fait sentir, on doit en observer les effets ; il est curieux de savoir à quel degré de pression la machine peut se mettre en mouvement.

Le démarrage doit avoir lieu avec précaution, car il faut se rendre compte de la pression à laquelle fonctionnent les injecteurs. Pendant le trajet, on examine la machinerie et les freins. Si la distribution marche difficilement, cela provient de ce que les boîtes à étoupes sont trop serrées. L'oreille exercée du mécanicien reconnaît au sifflement de la vapeur, comme à tout bruit inaccoutumé, les fuites et les défauts de graissage.

Après un parcours de quelques kilomètres où l'on a pu constater l'effet des freins, on s'arrête pour s'occuper de la machinerie. Si les

glissières sont chaudes, on peut en conclure qu'elles ne sont pas parallèles ou qu'elles sont trop serrées, on fait couler de l'huile sur les pièces chauffées avant de continuer le voyage. Quant aux roues, on s'assure si les bandages sont assujettis, en les faisant sonner ; — si les clavettes de réglage ne sont pas suffisamment serrées, les boîtes à graisse peuvent frapper contre les plaques de garde.

Les machines neuves font une espèce de stage dans les trains secondaires ou dans les manœuvres des gares avant d'être employées dans les express et les grands trains de marchandises. Quant aux locomotives qui sortent des grandes réparations, leur essai est le même que celui des machines neuves ; seulement, ce sont les monteurs qui les accompagnent.

Tels sont les divers détails du service du mécanicien ; en ce qui concerne ses fonctions et celles de son chauffeur sur la machine, nous conseillons au lecteur d'étudier le règlement ci-dessous.

§ 4. — LE RÈGLEMENT GÉNÉRAL DES MÉCANICIENS ET CHAUFFEURS DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT.

Attributions. Responsabilité. — ARTICLE PREMIER. — Les mécaniciens sont chargés de la conduite et de l'entretien des machines qui leur sont confiées.

Ils doivent assurer, en ce qui les concerne, la marche régulière des trains.

Les chauffeurs sont spécialement chargés de l'alimentation du foyer, de la manœuvre du frein et du nettoyage de la machine. Ils sont placés sous les ordres immédiats des mécaniciens.

Dans certains cas, des machines isolées circulent sur la voie sans être accompagnées d'un agent de l'exploitation ; le mécanicien assume alors la même responsabilité qu'un chef de train au point de vue de la sécurité de la circulation, et doit prendre toutes les mesures de sûreté prescrites aux conducteurs. Il doit prendre les mêmes mesures pour la protection des trains, en l'absence des conducteurs.

Les mécaniciens et les chauffeurs sont responsables de tous les faits de leur service.

ART. 2. — Les mécaniciens et les chauffeurs sont sous les ordres directs des chefs et sous-chefs de dépôt et des chefs mécaniciens ; ils doivent, en outre, obéissance aux fonctionnaires supérieurs du service de la traction.

Dans les gares, les mécaniciens et les chauffeurs sont sous les ordres des chefs de gare ou de leurs représentants pour tous les mouvements et les manœuvres ; ils peuvent aussi recevoir des chefs et des sous-chefs de gare des ordres ou des avis concernant la marche des trains et des machines isolées.

Les instructions données aux mécaniciens par les chefs de gare, concernant la sécurité, doivent être transmises par écrit.

En route, les mécaniciens et les chauffeurs sont sous les ordres des chefs de train, en ce qui concerne le service des trains et les manœuvres à faire en dehors des gares.

ART. 3. — Les mécaniciens doivent connaître dans tous leurs détails le règlement des signaux et le présent règlement. Ils donnent aux chauffeurs, conformément aux dispositions de ces règlements, les ordres et instructions nécessaires pour l'exécution du service.

Lorsqu'un signal est mal fait, ils doivent en prévenir le chef de la première gare où ils s'arrêtent, et en faire leur rapport au chef du dépôt où ils quittent leur train.

Mesures de sûreté. Dispositions générales. — ART. 4. — Toute machine circulant seule ou attelée doit être accompagnée d'un mécanicien et d'un chauffeur ou d'agents autorisés à en remplir les fonctions.

Le chauffeur doit être capable d'arrêter la machine en cas de besoin et connaître les dispositions du règlement des signaux.

En aucun cas, la conduite de la machine ne doit être faite par un agent seul, sauf dans les cas exceptionnels prévus aux articles 56

et 57 ci-après, un homme devant toujours être au frein du tender ou de la machine.

Art. 5. — Les mécaniciens, lorsqu'ils sont en service, doivent être munis : 1° d'un drapeau à flammes rouge et verte ; 2° d'une lanterne à verres rouge et vert ; 3° d'un briquet ou d'allumettes chimiques ; 4° De signaux-pétards ; 5° du tableau de la marche des trains ; 6° du présent règlement et du règlement sur les signaux ; 7° d'une montre bien réglée.

Art. 6. — Les mécaniciens doivent s'assurer que les lanternes de leur machine sont en bon état.

Ils sont chargés, sous leur responsabilité, de l'éclairage en temps utile de ces lanternes. — Ils doivent se conformer à cet égard aux dispositions des articles 17 à 21 du règlement relatif aux signaux.

Désignation des voies. — Art. 7. — Les voies se classent en deux catégories :

1° Voies principales, sur lesquelles les trains circulent entre les gares et à la traversée des gares, lorsqu'ils n'ont pas de manœuvres à effectuer ; 2° voies accessoires, comprenant les voies de garage, les voies de manœuvre et de stationnement des wagons, les voies des dépôts de machines et les voies de service en général.

Sur les lignes à double voie, la voie principale parcourue par les trains portant des numéros impairs s'appelle : voie 1 ; la voie principale parcourue par les trains portant des numéros pairs s'appelle : voie 2.

Sur les lignes à double voie et sur les lignes à voie unique, les voies accessoires, en dehors des voies principales, et qui sont placées à gauche des voies principales, ou à gauche de la voie unique, en marchant dans le sens des trains impairs, portent des numéros impairs, en donnant le n° 3 à la plus rapprochée des voies principales, le n° 5 à la suivante et ainsi des autres. Les voies accessoires placées à droite des voies principales portent les numéros 4, 6, etc.

Les voies accessoires comprises entre les voies principales 1 et 2 ou voies du milieu s'appellent voie A, voie B, voie C, etc., en partant de la voie 1 et en allant vers la voie 2.

Dans les gares où il existe plusieurs groupes de voies s'embranchant à des points différents d'une voie principale, et restant indépendants les uns des autres, les voies composant ces divers groupes doivent être numérotées en supposant les voies de chaque groupe prolongées à l'extérieur de celles du groupe précédent.

Les communications entre deux voies prennent les deux numéros des voies qu'elles relient. Aux bifurcations, s'il y a double voie, les voies principales conservent leur dénomination de voie 1 et voie 2, et l'on distingue les deux voies portant le même numéro en faisant suivre ce numéro du nom de l'une des gares importantes de la ligne dont fait partie la voie à désigner.

Si les lignes sont à voie unique dès la bifurcation, elles prennent le nom de voie principale de......., en ajoutant comme ci-dessus le nom de l'une des gares principales de la ligne.

Service dans les dépôts et dans les gares, au départ et à l'arrivée des trains. Manœuvres. — Art. 8. — Avant le départ du dépôt, le mécanicien doit faire, avec le plus grand soin, l'inspection de la machine et du tender, et s'assurer qu'ils sont en état de bien fonctionner. Il doit vérifier si les approvisionnements d'eau, de combustible et de graissage sont complets.

Il est tenu de visiter, notamment, les essieux, les roues, les bandages, les ressorts, les clavettes, les boulons et les goupilles des pièces en mouvement, les appareils d'alimentation et les freins.

Il doit faire lui-même le graissage de toutes les pièces de la machine qui peuvent en avoir besoin.

Art. 9. — Les machines ne peuvent stationner dans les dépôts et dans les gares que sur les portions de voies qui sont indiquées aux mécaniciens par les chefs de dépôt ou par les chefs de gare, chacun en ce qui concerne son service.

Art. 10. — Lorsqu'une machine est en stationnement prolongé, le régulateur doit être fermé, l'appareil de changement de marche doit être au point mort, les robinets purgeurs des cylindres doivent être ouverts et le frein doit être serré.

Le mécanicien et le chauffeur ne doivent jamais laisser fumer leur machine lorsqu'elle stationne à proximité des gares de voyageurs. — Pendant les stationnements, le mécanicien et le chauffeur ne doivent pas s'absenter en même temps, sauf lorsqu'il y a un agent spécialement préposé à la surveillance des machines en feu.

Lorsqu'une machine stationne sur une voie accessoire, elle ne doit jamais porter de feux rouges, afin que les mécaniciens des trains survenant ne soient pas induits en erreur par la vue de ces signaux.

Art. 11. — Aucun mouvement de machine ne doit avoir lieu dans une gare sans l'autorisation ou l'ordre du chef de gare ou de son représentant.

En cas d'absence des chefs de gare ou de leurs suppléants réguliers, les chefs de train doivent commander les manœuvres et les départs des trains ; ces derniers agents peuvent aussi être délégués par les chefs de gare pour les suppléer dans le commandement des manœuvres.

Les ordres relatifs au mouvement des machines peuvent être donnés au moyen du signal acoustique fait avec le sifflet de poche ou du signal à vue fait soit à la main, soit avec une lanterne ; lorsque les signaux à vue doivent être répétés par des agents chargés de les transmettre aux mécaniciens, ces agents doivent toujours être porteurs des insignes de l'administration des chemins de fer de l'État.

Art. 12. — Le mécanicien doit annoncer chaque mouvement de sa machine par un coup de sifflet bref avant d'ouvrir son régulateur.

Il ne doit jamais mettre sa machine en mouvement, ni même mouvoir l'appareil de changement de marche, avant de s'être assuré

que le chauffeur n'est pas exposé à être atteint par les roues ou par le mécanisme.

Art. 13. — Les manœuvres et les mouvements des trains et des machines dans les gares et dans les dépôts doivent s'exécuter toujours à petite vitesse et avec la plus grande prudence.

Les mécaniciens doivent s'approcher avec précaution des trains ou parties de train qu'ils ont à remorquer, de manière à ne pas les choquer; ils doivent veiller par eux-mêmes à ce que l'attelage avec le train soit bien fait.

Ils doivent démarrer sans secousse et éviter, autant que possible, les arrêts trop brusques.

Pendant les manœuvres, le frein du tender doit être au point où les sabots sont près de toucher les roues, et le chauffeur doit se tenir à portée de la manivelle, de manière à être en mesure de serrer au premier ordre donné ou signal fait par le mécanicien.

Art. 14. — Au départ et à l'arrivée des trains, et dans les manœuvres, les machines sont attelées et dételées par les agents des gares. Ces agents sont également chargés de disposer le cordeau destiné à mettre le conducteur de tête en communication avec la machine ; ils ont à détacher ce cordeau à l'arrivée.

Art. 15. — Les machines locomotives doivent toujours être placées en tête des trains.

Il ne peut être dérogé à cette disposition que dans les cas suivants :

1° Manœuvres exécutées soit dans le voisinage des gares, soit dans les gares mêmes ;

2° Distribution et reprise de matériel aux embranchements particuliers situés en dehors des gares ;

3° Mouvements des trains de service pour transport de matériaux ;

4° Secours à donner aux trains de toute nature.

Dans ces divers cas, la vitesse de marche d'un train poussé par une machine à l'arrière ne doit pas dépasser 25 kilomètres à l'heure.

Art. 16. — Les machines placées en tête des trains ne peuvent circuler cheminée en arrière que dans les cas ci-après :

1° Service des trains ayant au plus 30 kilomètres de parcours;

2° Renfort aux trains;

3° Service de secours ;

4° Manœuvres dans les gares ou le voisinage des gares ;

5° Distribution ou reprise de matériel aux embranchements situés en dehors des gares ;

6° Traction des trains de service ;

7° Circulation des machines isolées.

Quand une machine circule cheminée en arrière, la vitesse de marche ne doit pas excéder 40 kilomètres à l'heure si elle est attelée à un train, ou 50 kilomètres si elle circule isolément.

Ces prescriptions ne s'appliquent pas dans le cas de double traction, les machines d'adjonction pouvant circuler cheminée en arrière, à la condition d'être précédées par une autre machine, qu'elles soient à l'arrière ou à l'avant du train et quels que soient d'ailleurs le parcours et la nature du train.

Art. 17. — Aux trains en double traction, la deuxième machine peut être attelée à l'arrière lorsqu'ils ont à gravir des rampes d'inclinaison supérieure à cinq millimètres par mètre.

Lorsque plusieurs locomotives sont attelées au même train, c'est le mécanicien placé en tête qui règle la marche ; il ouvre son régulateur le dernier et il le ferme le premier.

Ces règles s'appliquent aussi bien au cas où l'une des machines est placée à l'arrière qu'à celui où les deux machines sont attelées en tête.

Circulation des trains et des machines. — Art. 18. — Le signal du départ des trains de voyageurs, des trains mixtes et des trains de marchandises est donné dans les gares par le chef de gare ou par son représentant au moyen du sifflet de poche, et transmis au mécanicien par le conducteur de tête, au moyen de la cloche ou du timbre placé sur le tender ou la machine et manœuvré du fourgon.

En ce qui concerne les machines isolées et les trains de service, le ignal est donné par le chef de gare ou par son représentant au noyen du sifflet de poche et transmis verbalement au mécanicien par agent de l'exploitation qui doit accompagner la machine ; toutefois, i la machine ne doit pas être accompagnée, le mécanicien doit partir ès qu'il a entendu le coup de sifflet.

Dans aucun cas, un mécanicien conduisant un train, quelle qu'en oit la nature, ne doit se mettre en marche, au départ d'une gare, vant que le signal de départ lui ait été donné dans les conditions ndiquées ci-dessus.

Dans le cas d'arrêt en pleine voie, le mécanicien ne doit se remettre n marche que sur le signal réglementaire du chef de train ou de agent de l'exploitation qui accompagne la machine.

Art. 19. — Au départ, le démarrage des machines doit se faire entement et sans choc.

De même, en route, lorsqu'on a dû ralentir, le mécanicien doit ttendre que les freins soient desserrés et que les ressorts de raction se soient détendus pour ouvrir lentement son régulateur afin le reprendre la vitesse voulue.

Art. 20. — Sur les lignes à deux voies, les trains et les machines loivent circuler sur la voie de gauche, en regardant le point vers equel ils se dirigent. Il ne peut être fait exception à cette règle, sous uelque prétexte que ce soit, que dans les manœuvres de gare et ans les cas spéciaux prévus par les règlements.

Sur les lignes à voie unique, lorsqu'il n'y a pas de croisement, les rains doivent passer sur la voie directe ; mais lorsqu'il y a croisement e trains, chacun d'eux doit suivre la voie située à sa gauche.

Toutefois l'inspecteur principal peut autoriser des exceptions à cette rescription, sauf en ce qui concerne le passage des trains sans arrêt, equel doit toujours avoir lieu sur la voie directe. Aussi, en certains as de changement de croisement, les trains peuvent, par exception, tre dirigés sur la voie à leur droite.

Art. 21. — Pendant la marche, le mécanicien et le chauffeur

doivent, toutes les fois que leur présence n'est pas nécessaire sur d'autres parties de la machine, se tenir debout, le premier à portée du régulateur, le second à côté de la manivelle du frein.

Le chauffeur doit prendre la place du mécanicien près du régulateur, lorsque les soins à donner à la machine appellent celui-ci ailleurs.

Art. 22. — Le mécanicien et le chauffeur doivent, au moment du démarrage, et fréquemment en route, porter leur regard en arrière pour vérifier la bonne marche du train, et surtout pour constater s'il est complet. Ils doivent aussi s'assurer qu'il ne leur est pas fait de signal d'arrêt par les agents du train.

Le mécanicien doit surtout redoubler d'attention en approchant d'une gare, d'un embranchement, d'une intersection de voies, d'un passage à niveau ou d'une portion de voie qui lui a été signalée comme défectueuse.

Le mécanicien qui constate un obstacle à la circulation sur la voie opposée, ou un dérangement de cette voie, capable de gêner la circulation des trains, sans voir aucun signal pour arrêter les trains, doit s'arrêter et signaler le fait au chef de train, afin qu'il fasse placer des pétards sur la voie obstruée ou avariée à une distance convenable du point dangereux. Si le mécanicien conduit une machine isolée, et s'il n'a pas d'autre agent à sa disposition, il doit envoyer son chauffeur placer les pétards.

En outre, si après avoir repris sa marche et avant de croiser un train ou une machine, le mécanicien rencontre un agent de la voie ou rejoint soit une maison de garde, soit une gare, il doit s'arrêter de nouveau pour signaler l'obstacle aux agents de la voie ou au chef de gare, et indiquer le point où ont été placés les pétards.

Si, au contraire, le mécanicien croise un train ou une machine avant d'avoir prévenu un agent de la voie ou un chef de gare, il doit présenter le signal rouge afin d'arrêter ce train et prévenir le mécanicien et les conducteurs.

Les trains et les machines ainsi arrêtés ne doivent plus avancer

ju'à la vitesse d'un homme marchant au pas gymnastique (soit nviron 8 kilomètres à l'heure), jusqu'à ce qu'ils aient rencontré 'obstacle ou le dérangement de voie, à moins qu'ils n'apprennent ju'il a disparu.

Quand l'obstacle ou le dérangement de voie est couvert par un ignal, le mécanicien n'a pas de signal d'arrêt à présenter ni d'avis à lonner aux trains ou machines qu'il croise, mais il doit prévenir le hef de la première gare desservie par son train.

Art. 23. — Le mécanicien doit surveiller constamment toutes les arties de sa machine et notamment le niveau d'eau de la chaudière, a tension de la vapeur, le feu du foyer et les appareils d'alimentation.

Il veille à ce que rien n'embarrasse la manœuvre du frein.

Il ne doit, sous aucun prétexte, changer les points d'arrêt des balances des soupapes de sûreté, ni même peser sur leur levier, pour obtenir une pression supérieure à la pression normale.

Art. 24. — Le mécanicien et le chauffeur doivent prendre leurs mesures pour éviter que leur machine ne fume en marche.

Art. 25. — La marche de la machine doit être, autant que possible, régulière. — Le mécanicien ne doit pas arriver aux gares avant l'heure réglementaire, sauf dans les cas d'un train de marchandises ne transportant pas de voyageurs expédié hors tour, sur une ligne à double voie, et dans celui prévu aux articles 50 et 52 ci-après, d'une machine, également sur double voie, qui est obligée d'abandonner tout ou partie de son train sur la voie pour se rendre à une gare en avant.

Dans ces deux cas, l'avance ne peut être de plus de quinze minutes sur l'heure réglementaire de la marche du train.

Sur les lignes à voie unique, un train expédié hors tour, quelle que soit sa nature, ne peut en aucun cas partir d'une gare avant l'heure réglementaire; il en est de même d'une machine qui est obligée d'abandonner tout ou partie de son train sur la voie pour se rendre à une gare en avant.

Lorsque le train est en retard, le mécanicien doit faire tous ses

efforts pour regagner le temps perdu. Néanmoins il ne doit jamais accroître, de plus de moitié, la vitesse résultant du tableau ou de l'ordre de marche du train, et la vitesse accidentelle ne doit jamais dépasser les limites fixées par le tableau suivant :

NATURE DES TRAINS	Limites absolues de vitesse en kilomètres par heure sur les portions de ligne dont les pentes en millimètres ne dépassent pas par mètre :						
	5	7	11	15	20	26	31
Voyageurs	100	90	75	60	50	40	35
Mixtes.	60	55	50	45	40	30	25
Marchandises.	50	45	40	35	30	25	20

Toutes les fois que le mécanicien est prévenu par le chef de train qu'un train de voyageurs contient des wagons de marchandises chargés à plus de 6 tonnes, la vitesse accidentelle ne doit pas dépasser 60 kilomètres à l'heure. De même, lorsque le mécanicien est averti qu'un train mixte est composé de plus de 24 véhicules, la vitesse accidentelle ne doit jamais être portée à plus de 50 kilomètres à l'heure.

La vitesse des trains extraordinaires, la nuit, pendant l'interruption du service, ne peut excéder, même en cas de retard, la vitesse de 25 kilomètres à l'heure.

Pour modérer la vitesse, à la descente des pentes, et pour arrêter les trains, les mécaniciens doivent employer, au besoin, la contre-vapeur.

Art. 26. — Les mécaniciens, lorsqu'ils approchent d'un atelier d'ouvriers, d'une gare, d'un passage à niveau qu'ils ne peuvent apercevoir de loin, d'une courbe dont le développement est masqué, de l'entrée ou de la sortie d'un souterrain, doivent, à 600 mètres environ de l'un de ces points, faire fonctionner le sifflet à vapeur.

A l'approche d'une gare qui ne peut être vue de loin, ou d'une station dans laquelle ils ne doivent pas s'arrêter, les mécaniciens font jouer le sifflet à vapeur à un kilomètre de distance, jusqu'à ce qu'ils

ent acquis la certitude d'avoir été aperçus par les agents de la gare.

Art. 27. — Aux abords de tous les points où les trains doivent anchir des aiguilles se présentant par la pointe, les mécaniciens oivent prendre leurs mesures pour s'arrêter, au besoin, avant les guilles, s'ils aperçoivent près de ces aiguilles un signal d'arrêt, ou ils reconnaissent, d'après le signal d'aiguille, que la voie utile ne ur est pas donnée.

Art. 28. — A l'approche des gares où les trains doivent s'arrêter, s mécaniciens doivent prendre leurs mesures pour ne pas dépasser point de stationnement ordinaire des trains.

Art. 29. — Conformément aux prescriptions de l'article 11 ci-des-us, tous les mouvements que les trains ont à effectuer lors des arrêts aux gares, soit pour se garer, soit pour laisser ou prendre du maté-riel, soit pour revenir à leur position de stationnement lorsqu'ils l'ont dépassée, soit pour toute autre cause, doivent être commandés par les chefs de gare, par leurs suppléants ou par les chefs de train, et il est expressément interdit aux mécaniciens de prendre l'initiative d'aucun de ces mouvements.

Art. 30. — Les mécaniciens conduisant des trains spéciaux non annoncés ou des machines isolées doivent redoubler de précautions.

A l'approche des gares et des passages à niveau, lorsqu'ils ne peuvent pas s'assurer de loin que la voie est libre, ils doivent dimi-nuer la vitesse du train ou de la machine et siffler.

Art. 31. — Si, par suite d'impuissance accidentelle de la machine, de surcharge, de l'état du temps ou d'autres circonstances excep-tionnelles, le mécanicien juge qu'il est nécessaire, pour maintenir sa marche à la vitesse réglementaire, ou pour récupérer le temps perdu, de laisser des wagons à marchandises à une gare intermé-diaire, il doit en faire la demande au chef de train.

Dans ces circonstances, les trains peuvent même être arrêtés à des gares ou à des points de garage où ils n'ont pas d'arrêt prévu au tableau ou à leur ordre de marche.

Les wagons à laisser doivent toujours être désignés par le chef de train.

Dans les mêmes circonstances, lorsqu'un mécanicien juge qu'il ne peut pas prendre un complément de charge sans compromettre la régularité de la marche de son train, il n'est pas tenu de compléter son chargement au taux réglementaire, lors du passage aux gares intermédiaires.

Les motifs des mesures qui font l'objet du présent article doivent être indiqués par les chefs de train sur les bulletins de traction tels qu'ils sont donnés par les mécaniciens.

Art. 32. — Toutes les fois qu'un mécanicien aperçoit devant lui un train ou une machine en marche sur la même voie, alors même que cette voie ne serait pas couverte par des signaux, il doit s'en tenir à une distance de mille mètres au moins, et ralentir lorsqu'il le perd de vue dans les courbes ou dans les souterrains.

Lorsque le train ou la machine qui est en avant marche très lentement ou s'arrête complètement, il ne peut s'en approcher qu'autant qu'il lui a été d'avance prescrit de le faire, ou qu'il en reçoit la demande du chef de ce train ou du mécanicien s'il s'agit d'une machine isolée.

Ces prescriptions ne s'appliquent pas aux trains remorqués par plusieurs machines dont une à l'arrière non attelée. Dans ce cas, la machine d'arrière pousse le train sur les rampes, l'abandonne en ralentissant sa marche aux points culminants, et le suit à faible distance et sans le perdre de vue, sur les paliers et les pentes. Lorsque le train est sur le point d'attaquer une nouvelle rampe, la machine d'arrière se rapproche avec précaution du train et le pousse de nouveau lorsqu'il est engagé sur la rampe.

Art. 33. — Lorsqu'un mécanicien rencontre entre deux gares une machine isolée ou un train arrêté sur la voie opposée à celle sur laquelle il marche, il doit s'arrêter pour offrir les secours qu'il peut donner, puis, arrivé à la première gare en avant, il doit s'arrêter de

nouveau, au besoin, pour signaler le fait au chef de gare, en ajoutant ses observations sur l'état du train.

Art. 34. — Dans les cas spéciaux où un train est poussé par une machine placée à l'arrière, la vitesse effective de marche ne doit pas dépasser 35 kilomètres à l'heure.

Art. 35. — Les chefs des trains de service, désignés sous le nom de chefs de transport, ont l'initiative et la responsabilité de la conduite de ces trains.

En conséquence, ils se placent généralement sur la machine et ils ont autorité sur les mécaniciens pour tout ce qui concerne la marche et les manœuvres de ces trains.

Toutes les fois qu'un train de service ne suit pas une marche fixée d'avance par un ordre spécial, le chef de transport doit faire connaître au mécanicien, à chaque trajet, la vitesse moyenne à laquelle son train doit marcher. Cette vitesse ne doit pas être supérieure à 40 kilomètres à l'heure lorsque la machine est attelée en tête des wagons, et à 25 kilomètres lorsqu'elle les pousse. La vitesse accidentelle des trains de service ne doit d'ailleurs jamais dépasser celle fixée à l'article 25 ci-dessus pour les trains de marchandises.

Les mécaniciens conduisant les trains de service ne doivent se mettre en marche qu'un instant après le coup de sifflet annonçant le départ, afin de laisser le temps aux ouvriers de s'asseoir sur les wagons. Ils doivent, en approchant des gares, fermer le régulateur de leur machine et ralentir la marche de manière à pouvoir s'arrêter, au besoin, aux points de stationnement ordinaires des trains.

Art. 36. — Dans toutes les circonstances imprévues qui peuvent survenir pendant la marche d'un train, le mécanicien doit se conformer aux ordres qu'il reçoit du chef de train.

Art. 37. — En dehors des cas de secours et de trains de service qui font l'objet des articles 35 ci-dessus, 67 et 68 ci-après, les machines isolées ne peuvent circuler sur la ligne que d'après des marches fixées d'avance, soit par le tableau de service, soit par

des ordres des agents supérieurs de l'exploitation, soit par des bulletins tracés par les chefs des gares de départ.

En l'absence des chefs de dépôt, les mécaniciens doivent fournir aux chefs de gare qui ont à régler des marches de machines, les indications nécessaires pour que la vitesse ne dépasse pas les limites que comporte l'état ou le mode de construction de leur machine.

Par conséquent, une machine isolée ne doit jamais partir d'une gare sans que le chef de gare, ou son représentant, ait fait connaître au mécanicien l'itinéraire qu'il doit suivre, ou ne lui ait remis un bulletin de marche, et qu'il lui ait donné le signal du départ.

Art. 38. — Lorsqu'un mécanicien conduisant une machine isolée s'arrête dans une gare, il doit se mettre immédiatement en communication avec le chef de gare, ou avec l'agent chargé d'assurer les signaux. En leur absence, il doit pourvoir lui-même, avec l'aide de son chauffeur, à l'exécution des signaux destinés à couvrir sa machine pendant son stationnement, en se conformant aux prescriptions indiquées à l'article 58 ci-après, relatif au cas d'arrêt, sur la voie, d'une machine isolée.

Observation des signaux. — Art. 39. — Pendant la marche, les mécaniciens doivent veiller attentivement aux signaux qui peuvent leur être faits, et se tenir toujours prêts à ralentir ou à arrêter, suivant les circonstances.

Pendant les intervalles où le service de la machine ne permet pas aux mécaniciens de porter toute leur attention sur la voie, ils doivent se faire suppléer par leurs chauffeurs.

Art. 40. — Dès qu'un mécanicien ou un chauffeur aperçoit ou entend un signal d'arrêt, il doit employer tous les moyens mis à sa disposition pour arrêter tout de suite son train ou sa machine.

S'il s'agit d'un signal à vue, il doit faire tous ses efforts pour obtenir l'arrêt avant d'atteindre ce signal.

L'exécution de cet ordre d'arrêt ne comporte aucune hésitation, aucune interprétation. En conséquence, le mécanicien, ou même le

chauffeur, si le mécanicien n'est pas à portée, doit, dès qu'il aperçoit ou qu'il entend le signal d'arrêt, fermer le régulateur, faire serrer ou serrer lui-même le frein du tender, et donner aux conducteurs, au moyen du signal au sifflet, l'ordre de serrer aussi leurs freins. Au besoin, le mécanicien doit employer la contre-vapeur pour obtenir un arrêt plus prompt.

Si l'arrêt est commandé par un signal carré d'arrêt absolu, le mécanicien doit toujours s'arrêter avant ce signal, et ne se remettre en marche qu'après qu'il a été effacé.

Il doit agir de même s'il rencontre un drapeau rouge, ou un feu rouge placé à côté de la voie ou même tombé sur la voie.

Si l'arrêt a été commandé par les signaux à main d'un agent placé sur la voie, ou par le signal rouge d'une machine marchant en sens inverse, le chef de train doit, aussitôt que le train est arrêté, se renseigner sur la cause du signal auprès de l'agent chargé de faire le signal d'arrêt à la main ou du mécanicien de la machine porteur du signal rouge, et il donne ensuite au mécanicien des ordres conformes aux indications qu'il a reçues.

Si le signal est fait au moyen de l'explosion d'un pétard, et si le mécanicien ne voit devant lui aucun obstacle, ni, à proximité, aucun agent pour lui donner les renseignements, il doit, sur l'ordre du chef de train, avancer à la vitesse d'un homme marchant au pas gymnastique (soit environ 8 kilomètres à l'heure); si, après avoir parcouru 1,500 mètres dans ces conditions, il n'a aperçu aucun autre signal ni aucun obstacle devant lui, il peut reprendre sa vitesse normale en observant avec une attention toute spéciale les signaux qu'on pourrait lui faire.

Si le signal d'arrêt est fait par le conducteur de tête au moyen de la cloche ou du timbre placé sur le tender ou sur la machine, ou bien par un des autres conducteurs en agitant son drapeau, sa main, sa lanterne ou tout autre objet, le mécanicien ne doit se remettre en marche qu'après avoir pris les instructions du chef de train et s'être concerté avec lui au sujet de la possibilité de faire continuer un

véhicule avarié ou un chargement dérangé, et avoir, au besoin, fait les réparations utiles.

Si l'arrêt est prescrit par un signal à disque manœuvré à distance, le mécanicien, après s'être arrêté et avoir pris les ordres du chef de train, doit reprendre sa marche, si aucun obstacle apparent ne s'y oppose, et avancer avec la plus grande prudence de manière à pouvoir toujours s'arrêter dans la partie de voie qui est en vue, dans le cas où il se présenterait un obstacle ou un nouveau signal. Le mécanicien doit, dans tous les cas, arrêter son train à la gare ou au poste d'où le signal a été manœuvré, afin que le chef de train puisse se renseigner sur les causes qui ont motivé le signal d'arrêt. En outre, sur les lignes à voie unique, le mécanicien, lorsqu'il rencontre une voie d'évitement, doit toujours s'arrêter immédiatement avant l'aiguille de jonction de cette voie avec la voie directe, et ne se remettre en marche qu'après avoir reçu l'indication de voie libre d'un agent de la gare, ou après avoir reçu des instructions ou des signaux du chef de train, ou d'un conducteur, qui s'est renseigné auprès des agents chargés de la manœuvre du signal avancé sur le motif qui a empêché ce signal d'être effacé.

Lorsqu'il s'agit d'une machine isolée non accompagnée par un agent de l'exploitation, c'est au mécanicien qu'incombent les devoirs et la responsabilité qui sont imposés au chef de train.

Les mécaniciens ne doivent jamais oublier que, bien que les disques avancés soient destinés, en général, à couvrir les obstacles à distance, il peut arriver, surtout lorsque ces appareils sont visibles de loin, que leurs signaux d'arrêt indiquent un obstacle très rapproché. En conséquence, un mécanicien qui aperçoit un disque à l'arrêt ne doit compter en aucune manière sur l'espace qui peut rester libre entre le disque et l'obstacle, et il doit se conformer rigoureusement aux prescriptions énoncées en tête du présent article, afin de pouvoir s'arrêter le plus promptement possible.

Art. 41. — Sur les lignes à double voie, les signaux avancés ne

sont généralement maintenus à l'arrêt que pendant dix minutes après le passage d'un train.

Cet intervalle écoulé, le signal de ralentissement doit être fait pendant cinq minutes.

Les dispositions de l'article précédent font connaître aux mécaniciens ce qu'ils doivent faire lorsqu'ils trouvent le signal avancé à l'arrêt ; lorsqu'un mécanicien trouve ce signal effacé, mais qu'il rencontre le signal de ralentissement à la gare, il doit en conclure, à moins qu'il n'y ait des travaux de réparation ou un dérangement de la voie à proximité, que l'intervalle qui le sépare du train le précédant dans le même sens est compris entre dix et quinze minutes. Il doit, en conséquence, régler sa marche d'après celle de ce train, de manière à ne pas réduire l'intervalle au-dessous de la limite réglementaire, c'est-à-dire de manière à ne pas trouver à l'arrêt le signal avancé de la gare suivante.

Dans tous les cas, le retard que le signal de ralentissement indique dans le passage du train précédent pouvant être dû à une difficulté de marche de ce train provenant d'un dérangement de la machine ou de toute autre cause, le mécanicien qui aperçoit le signal de ralentissement doit redoubler d'attention et marcher avec prudence, jusqu'à ce qu'il rencontre un signal indiquant que la voie est libre.

Art. 42. — Les mécaniciens doivent, au passage des gares ou des postes, s'assurer que les signaux sont manœuvrés aussitôt que la machine les a dépassés. Lorsqu'ils constatent une infraction à cette prescription, ils doivent en rendre compte, à l'arrivée, au chef de dépôt.

Par exception, le service de certaines gares peut être suspendu, surtout pendant tout ou partie de la nuit, sur les lignes où la circulation n'est pas assez active pour qu'il y ait lieu de maintenir en permanence tous les signaux fixes. Dans ce cas, les mécaniciens sont informés des intervalles pendant lesquels cessent de fonctionner les signaux fixes des gares ou des postes dont le service est interrompu.

Art. 43. — Toutes les fois qu'un mécanicien a constaté que la lan-

terne d'un signal fixe qu'il devait trouver allumée est éteinte, il doit toujours s'arrêter à la gare ou au poste d'où ce signal est manœuvré pour prévenir l'agent chargé de ce service.

En outre, lorsque la lanterne est celle d'un signal manœuvré à distance, dès qu'il s'aperçoit de l'extinction, il doit employer tous les moyens à sa disposition pour arrêter son train sans dépasser le signal, ou, du moins, pour le dépasser aussi peu que possible ; toutefois, si en approchant du signal il reconnaît qu'il est effacé, il peut reprendre sa marche ; mais si, au contraire, il voit qu'il est à l'arrêt, il doit se conformer aux prescriptions de l'article 40 ci-dessus ; si par hasard il reconnaît qu'il a dû dépasser le signal sans l'apercevoir, parce que la lanterne est éteinte, il doit encore arrêter son train aussi vite que possible, et agir comme s'il avait constaté que le signal était tourné à l'arrêt.

Art. 44. — Les signaux de ralentissement faits à la main sur la voie, en dehors des gares ou de certains postes spéciaux, indiquent le plus souvent qu'il y a lieu de ralentir la marche du train, par suite de l'état de la voie.

Les mécaniciens, lorsqu'ils n'auront pas reçu d'ordre spécial à ce sujet, doivent interpréter ces signaux comme signifiant qu'il y a lieu de réduire la vitesse à 25 kilomètres à l'heure pour les trains de voyageurs et à 15 kilomètres pour les trains de marchandises.

Dans ces circonstances, un signal de voie libre fait à la main ou au moyen d'un drapeau blanc ou d'un feu blanc, placé à l'extérieur de la voie, indique aux mécaniciens le point où la vitesse normale peut être reprise.

Lorsqu'il est nécessaire de réduire la vitesse au-dessous des limites qui viennent d'être indiquées, les mécaniciens reçoivent des ordres écrits indiquant le chiffre de la vitesse, en kilomètres à l'heure, qu'ils ne doivent pas dépasser, et les points entre lesquels le ralentissement doit être observé.

Passage aux bifurcations. — Art. 45. — Tous les trains ou ma-

s se dirigeant vers une bifurcation doivent ralentir leur he. — Les mécaniciens doivent demander le passage à 1,000 es de la bifurcation au moyen des signaux indiqués dans le ment des signaux, et ils doivent toujours être en mesure de s'ar- complètement avant la bifurcation dans le cas où ils aperce- nt un signal d'arrêt.

rêt des trains et des machines. — Art. 45.—Sauf les cas de force ure, de circonstances prévues par les règlements, d'autorisations ief de l'exploitation, ou de réquisitions des ingénieurs du con- , les trains de voyageurs, les trains mixtes et les machines iso- ne peuvent s'arrêter qu'aux points de stationnement indiqués e tableau de la marche des trains, ou sur les ordres de marche rains spéciaux.

s trains de marchandises peuvent s'arrêter éventuellement aux où ils n'ont pas d'arrêt prévu à leur marche. Chaque fois qu'un de ce genre doit avoir lieu, le mécanicien en est prévenu au d'arrêt précédent par le chef de train qui doit en outre sonner che en arrivant au point d'arrêt accidentel.

T. 47. — A l'approche des gares et des endroits où il doit s'ar- , le mécanicien doit prendre toutes les dispositions nécessaires que la vitesse de son train soit complètement amortie avant le fixé pour l'arrêt ; il doit généralement être obligé de faire des- r les freins pour atteindre ce point.

T. 48. — Dès qu'un train est complètement arrêté sur une voie lier, ou ayant une très faible déclivité, les freins doivent être diatement desserrés. En pente ou en rampe de plus de 4 milli- s, ils doivent rester serrés jusqu'au moment où le mécanicien e le coup de sifflet réglementaire du départ.

T. 49. — Lorsqu'un mécanicien conduisant un train est obligé rrêter sur la voie, en dehors des gares, il doit informer le chef in des causes de l'arrêt et se concerter avec lui sur les mesures

à prendre pour remettre le plus promptement possible le train en marche.

En cas de dissentiment, l'avis du chef de train doit toujours être prépondérant.

Art. 50. — Si les causes de l'arrêt sont telles que le mécanicien juge nécessaire d'abandonner tout ou partie du train sur la voie, soit pour aller prendre de l'eau, soit pour aller conduire une partie du train jusqu'au plus prochain garage, il ne peut le faire sans l'assentiment du chef de train.

Lorsqu'il y a lieu, en pareil cas, de faire revenir la machine du train à contre-sens, le mécanicien doit demander au chef de train de l'y autoriser par écrit.

Il est expressément interdit à un mécanicien de revenir à son train à contre-sens, s'il n'est pas muni de l'ordre écrit du chef de train.

Dans ces circonstances, si le mécanicien, porteur d'un ordre de revenir à son train à contre-sens, se trouve dans l'impossibilité de le faire, il doit en prévenir par écrit le chef de train signataire de l'ordre, en lui indiquant d'une manière précise le point où il se trouve ainsi que le motif qui l'empêche de pouvoir retourner à son train, et lui renvoyer l'ordre qu'il en avait reçu. A partir du moment où le mécanicien donne cet avis, l'ordre qu'il avait reçu du chef de train se trouve annulé, et, par conséquent, il ne doit, sous aucun prétexte, aller vers son train à contre-sens.

Art. 51. — Si l'aide d'une machine de secours est nécessaire pour remettre le train en marche, le mécanicien doit en informer immédiatement le chef de train et se concerter avec lui pour prendre toutes les mesures propres à hâter l'arrivée de cette machine.

Lorsque la machine du train est en état de marcher, elle doit être chargée de porter la demande de secours à la première gare en avant, toutes les fois que, d'après le point où le train est arrêté, il y a avantage à prendre ce parti.

Si la machine expédiée dans ces conditions doit revenir à son train, le chef de train doit, comme dans le cas qui fait l'objet de l'ar-

icle précédent, donner par écrit au mécanicien un ordre lui indiquant 'itinéraire qu'il doit suivre et lui prescrivant de revenir à son train.

Art. 52. — Lorsque, dans les circonstances qui font l'objet des eux articles précédents, un mécanicien abandonne tout ou partie de on train pour se rendre avec sa machine à la plus prochaine gare, il oit, s'il se trouve sur une ligne à double voie, régler sa vitesse de anière à ne pas prendre plus de quinze minutes d'avance sur la arche réglementaire de son train ; mais, s'il se trouve sur une ligne voie unique, il ne peut prendre aucune avance sur la marche régle-entaire du train.

Dans ces mouvements, surtout dans la marche à contre-sens, le écanicien doit avancer avec beaucoup de précaution et faire souvent sage du sifflet pour annoncer son approche, notamment aux abords es passages à niveau et des ateliers de la voie, ainsi que dans les uterrains et les tranchées en courbe.

Art. 53. — En cas de déraillement ou de bris d'essieu, le chef de ain doit laisser au mécanicien la direction des opérations nécessaires ur remettre sur les rails les parties de train déraillées ou pour dé-rrasser la voie.

Toutefois, lorsque le secours a été organisé, si la machine du train t en état de marcher, elle pourra être détachée par l'agent chargé la direction du secours pour faire tel service qu'il jugera néces-ire.

Art. 54. — Si pendant la marche il survient un accident au méca-icien, le chauffeur doit fermer le régulateur et faire serrer les freins ; uis, le train arrêté, il se concerte avec le chef de train.

Dans ces circonstances, si le chauffeur est autorisé à conduire les achines, il peut remplacer le mécanicien en prenant comme chauf-ur un agent du train, d'une gare ou de la voie.

Si le chauffeur n'est pas autorisé à conduire les machines, on doit emander et attendre le secours.

ART. 55. — Le mécanicien et le chauffeur ne doivent, en aucun cas, même en cas de danger personnel, abandonner leur machine.

ART. 56. — Le mécanicien conduisant une machine isolée doit constamment se rendre compte de sa situation par rapport aux trains qui le suivent.

Si la marche de sa machine éprouve un retard assez considérable pour qu'il ait à craindre de ne pouvoir atteindre la plus prochaine gare 10 minutes au moins avant le train suivant, il doit s'arrêter, envoyer son chauffeur couvrir la machine à l'arrière à la distance réglementaire, et il reprend ensuite sa marche. Le chauffeur, après avoir arrêté le train suivant et avoir renseigné le mécanicien et le chef de ce train sur les causes de l'arrêt et sur la nécessité de n'avancer qu'avec précaution jusqu'au point où la machine isolée aura pu se garer, rejoint sa machine en montant sur la machine ou dans un des véhicules du train qu'il a arrêté.

ART. 57. — Lorsque, pour une cause quelconque, la vitesse d'une machine marchant isolément se trouve momentanément ralentie, au point de permettre à un homme marchant au pas de la suivre, le mécanicien doit faire descendre le chauffeur, en lui prescrivant de mettre des pétards sur la voie, derrière la machine, deux par deux, conformément au règlement général des signaux, et de distance en distance, à 1,500 mètres au plus d'intervalle, tant que la vitesse de la machine lui permettra de descendre pour poser ces signaux.

Dans le cas où il y aurait lieu de supposer que la machine du train suivant est pourvue de balais ou de chasse-neige, le chauffeur ne doit pas se borner à poser des pétards, mais il doit suivre sa machine à 1,000 mètres, au moins, de distance, en la couvrant au moyen d'un drapeau ou d'une lanterne.

ART. 58. — Lorsque, pour un motif quelconque, une machine isolée vient à s'arrêter en dehors de la protection des signaux fixes, le premier devoir du mécanicien est d'envoyer le chauffeur au pas de course, à l'arrière, pour faire à la distance réglementaire les signaux d'arrêt

qui doivent protéger la machine. Ce devoir doit être accompli sans hésitation et sans retard, quelque assurance qu'on puisse avoir qu'aucun train, qu'aucune machine ne doit survenir.

Le chauffeur qui se porte à l'arrière de la machine pour la protéger doit être muni, le jour, d'un drapeau rouge, la nuit, d'une lanterne à feu rouge, avec les moyens de la rallumer, et, le jour comme la nuit, de signaux-pétards.

Art. 59. — Quand l'arrêt d'un train ou d'une machine a lieu dans un souterrain ou, s'il existe un souterrain à l'arrière de la machine, avant le point où l'agent doit se rendre pour la couvrir, les signaux doivent être faits hors du souterrain.

Le chef de train peut requérir le chauffeur pour faire les signaux en avant sur la voie opposée, afin que le train qui viendrait à croiser soit arrêté et reçoive l'ordre de marcher au pas.

S'il s'agit d'une machine isolée, le mécanicien doit s'assurer que les prescriptions indiquées, tant à l'article précédent qu'au présent article, sont bien exécutées.

Art. 60. — Si le chauffeur qui se porte à l'arrière ou à l'avant d'une machine en détresse rencontre un agent ou un ouvrier de la voie, il doit le charger de faire les signaux au point convenable, après s'être assuré que cet agent, ou cet ouvrier, est muni des signaux nécessaires ; il revient ensuite à sa machine. En cas de refus ou d'empêchement des agents de la voie d'aller couvrir sa machine, le chauffeur reste seul chargé de faire les signaux à la distance réglementaire.

Mais s'il ne rencontre personne, si le mécanicien le rappelle, et si l'on n'attend ni train ni machine sur la voie où stationne la machine arrêtée, le chauffeur peut revenir à sa machine, après avoir placé des pétards sur les rails à la distance réglementaire.

Sauf le cas spécial qui fait l'objet de l'article 62 ci-après, il est formellement interdit au chauffeur de revenir à sa machine, même lorsqu'il y est rappelé par le mécanicien, s'il n'a pu : soit charger un

autre agent de faire les signaux d'arrêt ; soit, à défaut d'agent, placer des pétards à la distance réglementaire.

Il est encore interdit au mécanicien de rappeler son chauffeur et à celui-ci de revenir, lorsqu'il y a lieu de présumer que les machines sont pourvues de balais ou de chasse-neige, ou lorsqu'on attend un train ou une machine sur la voie où stationne la machine arrêtée.

Si, après la pose des pétards, la machine peut reprendre sa marche, et si le mécanicien ou le chauffeur n'a pu se mettre en rapport avec un agent de la voie, le mécanicien doit s'arrêter pour aviser le premier agent de la voie qu'il rencontre du point où les pétards ont été placés, et lui donner les indications nécessaires pour les retirer en temps opportun.

Art. 61. — Lorsque, par suite d'un accident, un train vient à intercepter les deux voies, le chef de train peut requérir le chauffeur pour l'envoyer à l'avant couvrir le train à la distance réglementaire.

S'il s'agit d'une machine isolée, le mécanicien doit envoyer son chauffeur dans une direction, et se porter lui-même dans l'autre, à défaut d'un agent de la voie.

Le chef de train et le mécanicien doivent prendre de concert les mesures nécessaires pour rétablir au plus tôt la circulation sur celle des deux voies qui est la moins encombrée.

Art. 62. — Lorsqu'une machine arrêtée par des signaux se remet immédiatement en marche, le mécanicien peut rappeler le chauffeur avant qu'il se soit porté à la distance réglementaire pour faire les signaux de protection, à moins qu'un train ne soit attendu sur la même voie dans un délai inférieur à quinze minutes, auquel cas il doit procéder comme il est dit à l'article 60 ci-dessus.

Dans ces circonstances, le chauffeur est rappelé par le mécanicien, soit directement, soit au moyen de quatre coups de sifflet prolongés. Il est tenu, dans le cas où il aurait porté les signaux à plus de quatre cents mètres en arrière de la machine, de poser des pétards sur les rails avant de se retirer pour regagner la machine. Lorsqu'il se trouve à une plus faible distance de la machine au moment où il reçoit l'ordre

la rejoindre, il est dispensé de placer des pétards, et il doit faire
; efforts pour regagner sa machine le plus promptement possible.

Sur les sections de ligne à double voie où il peut y avoir des trains service sans itinéraire fixe, le mécanicien d'une machine isolée, êtée par des signaux, et repartant immédiatement, doit placer des ards à l'arrière de la machine, toutes les fois qu'il n'a pas la certi- le qu'il ne peut pas être suivi par la machine des trains de service par un de ces trains.

Toutes les fois que des pétards ont été laissés à l'arrière d'une ma- ne arrêtée par un signal, l'agent qui a fait ou manœuvré le signal rrêt doit être prévenu du point où ont été placés les pétards afin ils soient retirés, si possible, en temps opportun.

ART. 63. — Lorsqu'une machine s'arrête après avoir dépassé un nal avancé, tourné à l'arrêt, le mécanicien doit s'assurer que ce nal est visible à une distance suffisante en arrière de la machine ır qu'elle soit protégée réglementairement contre tout train ou chine pouvant survenir. En temps de brouillard épais, il doit con- érer sa machine comme n'étant défendue par le signal que lors- elle l'a dépassé de la distance réglementaire de protection, le mé- ıicien d'une machine survenant n'étant supposé pouvoir aperce- r le signal qu'au moment où il vient à passer devant cet appa- l.

Dans le cas où une machine isolée vient à s'arrêter aux abords ne gare ou d'un poste précédé d'un signal avancé, si la gare, ou poste, n'est pas protégé dans les conditions qui viennent d'être in- uées, le mécanicien doit se faire couvrir conformément aux pres- ptions de l'article 58 ci-dessus, sans compter en aucune manière les indications du signal avancé.

Lorsqu'une machine vient à s'arrêter aux abords d'une gare ou n poste sous la protection d'un signal avancé, le mécanicien doit voyer tout de suite son chauffeur auprès du chef de gare, ou de gent qui a manœuvré le signal, afin que ce signal ne soit pas effacé

tant qu'elle occupera la voie principale dans la gare ou aux abords du poste.

Les dispositions du présent article ne s'appliquent pas aux mouvements que les machines isolées ont à effectuer dans les gares ou à leurs abords, soit dons les conditions normales du service, soit sur l'ordre des chefs de gare, les signaux destinés à protéger ces mouvements devant être faits par les soins et sous la responsabilité du personnel des gares.

Art. 64. — En cas de détresse d'une machine marchant isolément, le mécanicien doit, s'il juge que l'aide d'une machine de secours soit nécessaire, en adresser la demande par écrit au chef de la gare la plus voisine.

Le secours doit être demandé au dépôt en avant ou au dépôt en arrière suivant les circonstances ; mais il est formellement interdit d'adresser à la fois deux demandes de secours, l'une en avant et l'autre en arrière.

La demande de secours doit être libellée comme il suit :

« Machine n°.... arrêtée entre kilomètres....... et....... par suite de . ..... (indiquer brièvement les causes de l'arrêt), demande machine de secours au dépôt de...... »

Si le wagon de secours doit être utile, la demande de secours doit l'indiquer, et dans ce cas on doit mettre :

« ... demande machine et wagon de secours au dépôt de... »

La demande est portée par le chauffeur ou par un agent de la voie. Le mécanicien doit, en outre, se conformer aux prescriptions suivantes.

Ligne à double voie. — Si le mécanicien juge utile de faire venir, par exception, la machine de secours à contre-sens, il doit l'indiquer dans la demande, et si cette demande est envoyée à la gare en avant, l'agent qui la porte doit toujours suivre la voie, afin de pouvoir prévenir les agents de la voie qu'une machine de secours va venir à contre-sens. Dans ce cas, il est formellement interdit au mécanicien de se remettre en marche ou de laisser pousser sa machine par un

train ou par une autre machine qui surviendrait, jusqu'à l'arrivée de la machine de secours demandée à contre-sens. Il doit, en outre, couvrir sa machine à l'avant comme à l'arrière au moyen de pétards placés à la distance réglementaire.

Ligne à voie unique. — Toutes les fois que la demande de secours a été adressée au dépôt en avant, le mécanicien doit observer rigoureusement les prescriptions énoncées au paragraphe relatif aux lignes à double voie, pour le cas de l'arrivée de la machine de secours à contre-sens, c'est-à-dire :

1° Ne pas se remettre en marche et ne pas se laisser pousser par un train ou par une autre machine qui surviendrait, jusqu'à l'arrivée de la machine de secours ;

2° Couvrir sa machine, à l'avant comme à l'arrière, au moyen de pétards placés à la distance réglementaire.

Art. 65. — En cas d'absence des conducteurs d'un train ou d'une partie de train, ou d'accident à ces agents, lorsque ce train, ou cette partie de train, est en retard ou en détresse, le mécanicien doit procéder comme il est dit ci-dessus, pour assurer la protection du train, et pour demander la machine de secours, si besoin est.

Secours. — Art. 66. — Les mécaniciens des machines de secours doivent toujours tenir ces machines en bon état. Elles doivent être constamment approvisionnées de combustible, d'eau, de matières grasses, des outils et des agrès nécessaires.

L'ordre de départ d'une machine de secours ne peut être donné que par le chef de gare ou par le sous-chef de gare de service.

Art. 67. — Toute machine allant au secours est accompagnée, autant que possible, par le chef ou le sous-chef de la gare de secours, ou, en cas d'empêchement, par un conducteur-chef ou un chef de manœuvres autorisé par l'inspecteur principal et désigné par le chef de gare. Cet agent a l'initiative et la responsabilité de la direction de la machine. Le mécanicien doit, en conséquence, obéir à tous les ordres que lui donne cet agent pour la marche et les mouvements de la machine.

La machine allant au secours doit être munie de crics, pinces, prolonges, chaînes et tous autres agrès dont l'emploi peut être nécessaire. Elle ne prend le wagon de secours que s'il a été demandé.

Le mécanicien doit diriger la machine avec prudence, siffler fréquemment pour prévenir de son approche les agents placés sur la voie, ralentir dans les courbes, ainsi que sur les divers points où l'étendue de la vue est limitée, afin de pouvoir s'arrêter, autant que possible, au bout du parcours qui paraît libre, si la nécessité de l'arrêt se manifeste.

Par dérogation aux prescriptions du premier alinéa du présent article, les machines de secours peuvent circuler sans être accompagnées :

1° Lorsqu'elles sont envoyées pour remorquer un train garé ;

2° Dans les cas d'extrême urgence.

Art. 68. — Dans le cas où un mécanicien est envoyé au secours sans être accompagné, ou se trouve séparé en route de l'agent chargé de l'accompagner, il doit se diriger d'après les règles suivantes :

Ligne à double voie. — Il y a deux cas à considérer, suivant que le secours est donné par l'avant ou par l'arrière du train à secourir.

1° Secours arrivant par l'avant. — La machine de secours doit, en règle générale, suivre la voie normale jusqu'à ce qu'elle croise le train.

Si elle le trouve arrêté ou marchant péniblement, elle doit s'arrêter et le mécanicien se concerte avec le chef du train en détresse. Elle continue ensuite jusqu'à la gare suivante, où elle change de voie pour venir prendre le train en détresse par l'arrière, et le pousser jusqu'au point où une communication de voies lui permet de se mettre en tête.

Si la machine croise le train en bonne marche, elle continue jusqu'à la plus prochaine gare ; elle change de voie, elle rentre ensuite au dépôt, soit en adjonction à un train suivant le train qui était en dé-

détresse, soit isolément en suivant ce dernier à la distance réglementaire.

Si, en se rendant au secours, le mécanicien est informé dans l'une des gares situées sur son parcours que le train a pu se remettre en marche, il doit attendre l'arrivée de ce train et y atteler sa machine ou le suivre pour rentrer à la gare de secours.

Si la machine de secours doit aller se mettre en tête du train à secourir en marchant à contre-sens depuis la gare située immédiatement en avant du train, le mécanicien ne doit exécuter ce mouvement que sur l'ordre écrit du chef du train en détresse, ou sur la remise d'une copie de cet ordre certifiée par le chef de gare ; il doit d'ailleurs observer, dans la marche à contre-sens, les précautions indiquées à l'article 52 ci-dessus.

2° Secours arrivant par l'arrière. — La machine doit marcher avec précaution aux abords du point où elle doit trouver le train en détresse, d'après les indications fournies par la demande de secours. Lorsqu'elle ne trouve pas le train sur ce point, elle doit continuer, en marchant avec précaution, jusqu'à la plus prochaine gare, s'y renseigner sur la position du train et continuer à se diriger vers ce train ou rentrer à la gare de secours après avoir changé de voie, suivant la nature des renseignements obtenus et les instructions qui sont données au mécanicien par le chef de gare.

Lignes à voie unique. — Toute machine de secours sur une ligne à voie unique doit s'arrêter à toutes les gares sur son parcours pour y prendre l'ordre écrit de continuer jusqu'à la gare suivante, ou jusqu'au train en détresse lorsqu'elle atteint la gare voisine de ce train.

Si elle arrive par l'avant du train à secourir, elle doit prendre à la gare, immédiatement en avant de ce train, l'ordre du chef de train de venir se mettre en tête comme dans le cas de la marche à contre-sens sur les lignes à double voie. A défaut de cet ordre, elle doit attendre le train en détresse qui sera poussé à l'arrière par la machine du train suivant.

Si la machine de secours arrive par l'arrière, elle doit, comme sur

les lignes à double voie, ne pousser le train à secourir que jusqu'au point où une voie d'évitement lui permet de se mettre en tête. Lorsqu'elle ne trouve pas le train au point indiqué par la demande de secours, elle doit continuer, en marchant lentement et avec précaution, jusqu'à la gare suivante, pour y prendre les ordres du chef de gare.

En cas d'arrêt d'un train, par suite de déraillement ou d'obstruction en pleine voie, la machine de secours étant venue de l'arrière, si lors du rétablissement de la circulation cette machine n'est pas nécessaire pour pousser le train, elle ne peut néanmoins retourner à la gare en arrière pour rejoindre la gare de secours, mais elle doit suivre le train à au moins un kilomètre de distance. Dans ce cas, l'agent qui accompagne la machine de secours, ou à son défaut le mécanicien, doit remettre contre reçu, au chef de train, un avis adressé au chef de la première gare en avant, pour lui faire connaître que le train est suivi par la machine de secours. Cet avis doit être remis par le chef de train au chef de gare dès qu'il peut communiquer avec lui et avant qu'il ait pu signer le croisement avec un train marchant à sens inverse. Le chef de gare ainsi prévenu ne doit laisser partir de sa gare aucun train ou machine, se dirigeant dans ce dernier sens, avant l'arrivée de la machine de secours.

Art. 69. — Lorsque la machine d'un train en détresse est hors d'état de fonctionner, toutes les manœuvres doivent être exécutées par le mécanicien de la machine de secours.

Une fois arrivé à une gare où la machine avariée peut se garer, le mécanicien de cette machine doit, par dépêche télégraphique, ou par écrit si le télégraphe ne fonctionne pas, demander à son chef de dépôt les instructions nécessaires pour son retour.

Art. 70. — Le mécanicien d'un train qui suit une machine de secours à moins de deux heures d'intervalle doit en être prévenu par toutes les gares où s'arrête ce train, afin qu'il puisse apporter une attention particulière aux signaux qui pourraient lui être faits.

Il doit être informé, en outre, du point où se trouve le train qui a demandé le secours.

Ruptures d'attelages. — Art. 71. — Lorsque, par suite de rupture d'attelage, un train se divise en route, les conducteurs qui se trouvent dans la deuxième partie du train doivent immédiatement serrer leurs freins, et, dès qu'ils ont obtenu un ralentissement suffisant pour pouvoir descendre sur la voie sans danger, employer tous les moyens en leur pouvoir pour arrêter complètement cette fraction de train.

Si le mécanicien s'aperçoit immédiatement de la rupture, il ne doit pas s'arrêter brusquement, mais seulement réduire sa vitesse avec précaution, de manière à maintenir un certain intervalle entre les deux parties du train ; pourtant, dans le cas très rare où la rupture se produirait sur une section en pente, s'il remarque que la partie de train laissée en arrière avance et tend à rejoindre la première partie, il peut faire le nécessaire pour effectuer la réunion des deux parties, en apportant toute son attention à prévenir le choc qu'un ralentissement trop brusque amènerait infailliblement.

Dans aucun cas, il ne doit s'arrêter ni reculer vers la deuxième partie si elle n'est pas en vue et arrêtée.

Mais si le mécanicien ne s'aperçoit que tardivement de la rupture et si, à ce moment, la deuxième partie du train n'est plus en vue, il doit continuer sa marche à la vitesse réglementaire, jusqu'à la plus prochaine gare où il s'arrête pour prendre les instructions du chef de gare, relativement à la reprise de la portion de train laissé sur la voie. En l'absence du chef de gare, le mécanicien doit se concerter avec le chef de train et, à son défaut, avec le conducteur chargé de la direction de la première partie du train pour les mesures à prendre.

Dans aucun cas, le mécanicien ne doit aller prendre la seconde partie de son train que sur la production d'un ordre écrit du chef de gare, ou, en l'absence du chef de gare, sur un ordre verbal du chef de train ou du conducteur chargé de la direction de la première

partie du train, si le chef de train est resté avec la deuxième partie. Dans ce cas, le chef de train, ou le conducteur, doit toujours accompagner la machine lorsqu'elle retourne à la seconde partie du train. Sur les lignes à double voie, la machine doit alors suivre toujours la voie normale jusqu'à la gare précédente, où elle change de voie pour revenir prendre la seconde partie du train par l'arrière.

ART. 72. — Dans le cas où la rupture d'attelage se produit dans un train poussé à l'arrière par une machine de renfort, le mécanicien de tête se conforme aux prescriptions précédentes. Toutefois il ne doit aller reprendre son train que sur un ordre écrit du chef de gare donné à la suite d'une demande de secours envoyée par le chef de train ou par le conducteur qui a pris la direction de la seconde partie du train, demande dont il doit lui être remis copie ; dans ce cas, il doit aller directement se mettre en tête du train, en marchant à contre-sens sur les lignes à double voie, si la demande de secours en fait mention.

De son côté, le mécanicien d'arrière doit ralentir dès qu'il s'aperçoit de la rupture d'attelage, de façon à rester en contact avec le dernier wagon du train, sans le pousser. De plus, dès que l'arrêt est obtenu, le mécanicien doit toujours atteler sa machine au dernier wagon.

Vingt minutes après le moment où la première partie du train a été perdue de vue, le mécanicien reprend sa marche sur l'ordre du conducteur le plus élevé en grade, parmi ceux qui sont restés dans la seconde partie du train, et il pousse cette partie de train jusqu'à la gare suivante, si la force de sa machine le lui permet.

Si la machine de renfort n'est pas assez puissante pour pousser le train, le conducteur qui a pris la direction du train, après s'être concerté avec le mécanicien, demande le secours conformément aux prescriptions en vigueur, en cas de détresse, soit à la gare en avant qui renvoie alors la machine de tête, soit, s'il y a avantage, à une gare de dépôt située en arrière.

Circulation temporaire sur une seule voie. — ART. 73. — Lorsqu'une des deux voies d'une ligne à double voie est momentanément interceptée par suite d'accident, de réparations ou de toute autre cause, la circulation dans les deux sens peut avoir lieu temporairement sur la seule voie restée libre, soit au moyen de l'organisation d'un pilotage, soit au moyen de l'application des dispositions du chapitre XII du règlement général n° 4, spéciales à la circulation sur les lignes à voie unique.

ART. 74. — Le pilotage consiste à faire accompagner les trains ou machines, dans leur trajet sur la voie unique, par un agent désigné spécialement à cet effet par un ordre écrit, et qui prend le titre de pilote.

Tous les trains et toutes les machines, quelle que soit leur direction, doivent être arrêtés avant leur entrée sur la voie unique.

Les mécaniciens sont, autant que possible, prévenus d'avance; mais, dans tous les cas, l'arrêt des trains ou machines aux entrées de la voie unique doit être assuré par les signaux des gardes placés à ces entrées.

Tout mécanicien régulièrement prévenu de l'existence d'un pilotage doit refuser de s'engager sur la voie unique, s'il n'est accompagné par le pilote, ou si le pilote ne lui a pas remis l'ordre écrit d'avancer, à moins que le chef de gare de tête de la voie unique ne lui fasse connaître que le pilotage est supprimé.

Le pilote doit se faire reconnaître par le mécanicien, toutes les fois que ce dernier le requiert, par la production de l'ordre écrit qui le nomme.

Il prend place sur la machine s'il doit accompagner le train.

Lorsque plusieurs trains doivent être successivement expédiés dans le même sens avant le passage d'un train venant en sens contraire, le dernier de ces trains est seul accompagné par le pilote. Dans ces circonstances, le pilote, présent à l'entrée de la voie unique, remet lui-même aux mécaniciens des trains qui doivent passer sans être

accompagnés l'ordre écrit d'avancer. Cet ordre est ensuite remis par le mécanicien à l'aiguilleur de sortie.

Par exception, lorsque la longueur de la voie unique sur laquelle est établi le pilotage es. inférieure à 100 mètres, les gardes des extrémités ne sont pas nécessaires, et les trains doivent s'engager sur la voie unique sur l'ordre verbal du pilote.

Il est prescrit aux chefs de gare, toutes les fois que les agents de la voie n'ont pu être prévenus en temps utile de la circulation à contre-sens, de recommander au mécanicien du premier train qui doit passer sur la voie unique, en sens contraire de celui de la circulation normale sur cette voie, de marcher avec la plus grande prudence, de manière à pouvoir toujours s'arrêter dans la limite de l'étendue de la voie qui paraît libre, et de donner avis du pilotage aux agents de la voie qu'il rencontre.

Les mécaniciens doivent se conformer rigoureusement à ces recommandations.

Art. 75. — Lorsqu'un service de pilotage est établi en vertu d'un ordre transmis à l'avance aux agents des gares et des trains intéressés à le connaître, l'ordre écrit qui doit, aux termes de l'article précédent, être remis au pilote pour se faire reconnaître par ces agents, peut être remplacé par un brassard, dont le pilote en service doit toujours être porteur. Il doit être indiqué sur le brassard un numéro que l'ordre réglant le pilotage doit faire connaître.

Art. 76. — Les services de voie unique temporaire sans pilotage, sur les lignes à double voie, ne peuvent être organisés qu'en vertu d'ordres qui sont transmis d'avance aux mécaniciens.

Dans aucun cas, lorsqu'un service de ce genre est organisé, un mécanicien ne doit s'engager sur la voie unique, en sens contraire de celui de la circulation normale, sans un ordre écrit du chef de gare d'entrée sur cette voie ou de son représentant.

Dispositions spéciales aux lignes à voie unique. — Art. 77. — Les points de croisement réguliers des trains circulant sur la voie unique sont déterminés :

1° Pour les trains réguliers et les trains facultatifs, sur le tableau de la marche des trains ;

2° Pour les train spéciaux, par les ordres ou avis remis aux mécaniciens par les gares de départ ;

3° Pour les trains supplémentaires, par la marche des trains qu'ils dédoublent, les points de croisement étant les mêmes que pour ceux-ci.

Les points de croisement ainsi fixés ne peuvent être changés que dans les circonstances prévues à l'article 79 ci-après, et dans les conditions prescrites à cet article.

Art. 78. — Tout train arrivant à une gare où il doit, d'après le tableau de marche ou les ordres spéciaux, croiser un autre train, doit s'arrêter avant d'avoir atteint l'aiguille de branchement de la voie d'évitement sur la voie directe, alors même que le signal est effacé.

Si le mécanicien a trouvé effacé le signal avancé, après avoir marqué l'arrêt et s'être assuré que l'aiguille est disposée pour diriger le train sur la voie utile, il reprend sa marche et entre en gare avec précaution, en portant son attention sur les signaux qui peuvent lui être faits par les agents de la gare.

Si, au contraire, le mécanicien a trouvé le signal avancé tourné à l'arrêt, il doit attendre devant l'aiguille de la voie d'évitement qu'un agent de la gare lui fasse le signal de voie libre, ou que le chef de train ou un conducteur lui fasse ce signal, ou lui donne des instructions après s'être renseigné auprès des agents de la gare.

Art. 79. — En règle générale, un train ne doit pas partir d'une gare où un autre train doit le croiser avant l'arrivée de ce dernier.

Toutefois, en cas de retard de l'un des deux trains qui doivent se croiser à une gare, le chef de cette gare de croisement régulier est autorisé, dans des conditions déterminées, à donner l'ordre au train arrivé le premier de continuer jusqu'à la gare suivante, sans attendre l'arrivée du train en retard.

A l'arrivée à la gare suivante du train ainsi expédié, le chef de

gare peut à son tour, en observant les précautions réglementaires, faire continuer le train jusqu'à la première gare au delà, et ainsi de suite jusqu'à la gare où le croisement peut avoir lieu.

Dans ces circonstances, l'ordre écrit de continuer jusqu'à la gare suivante doit être donné, à chaque gare, par le chef de gare au chef de train et au mécanicien.

Il résulte de là que tout mécanicien qui reçoit l'ordre de dépasser une gare sans attendre l'arrivée de tous les trains de sens contraire qu'il devait croiser soit à cette gare, soit avant d'y arriver, doit, à partir de ce moment, et jusqu'à ce qu'il ait croisé tous les trains en retard, s'arrêter à chaque gare pour y prendre l'ordre écrit de continuer jusqu'à la gare suivante.

A son arrivée au dépôt, le mécanicien doit remettre au chef de dépôt tous les ordres qui lui ont été remis dans ces conditions.

Art. 80. — Tous les mouvements que les trains ou machines peuvent avoir à effectuer eu dehors des gares, sur les lignes à voie unique, et qui ne rentrent pas dans les cas prévus par le présent règlement, ne peuvent avoir lieu qu'en vertu d'ordres écrits des chefs de gare. Ces ordres écrits doivent être remis aux mécaniciens par les chefs de gare ou par les chefs de train, sauf pour les trains de service. Dans ce dernier cas, ils sont inscrits par les chefs de gare sur la feuille de marche du chef de transport, qui est tenu de les communiquer au mécanicien avant qu'il se mette en marche. — Les arrêts non prévus au tableau et aux ordres spéciaux de marche ne peuvent non plus avoir lieu sans un ordre écrit du chef de gare ou du chef de train.

Mesures d'ordre. — Art. 81. — Les mécaniciens doivent s'assurer que leur machine est munie des outils, engins et signaux nécessaires.

Une liste des outils et engins est affichée dans l'intérieur de la boîte destinée à les contenir. Les mécaniciens sont responsables de ces objets, et doivent, en arrivant au dépôt, faire remplacer ceux qui auraient été perdus ou cassés en route.

ART. 82. — Les machines doivent être à la disposition du chef de gare dix minutes au moins avant l'heure fixée pour le départ lorsqu'elles doivent remorquer des trains de voyageurs, et quinze minutes au moins avant cette heure, lorsqu'elles doivent remorquer des trains de marchandises.

ART. 83. — Lorsqu'un mécanicien arrive à la gare où se termine son service, il doit maintenir la pression de la vapeur à un degré suffisant pour permettre l'exécution des manœuvres nécessaires.

ART. 84. — A l'arrivée, le mécanicien doit faire connaître au chef de dépôt tout ce qu'il a pu remarquer concernant l'état de la machine, du train, de la voie, des fils télégraphiques, et tout ce qui peut intéresser le service. Dans les gares d'arrivée ou de relai de machines où il n'y a pas de chef de dépôt, ces avis doivent être donnés au chef de gare.

ART. 85. — Les ingénieurs, les gardes-mines et les conducteurs des ponts et chaussées attachés au contrôle administratif ont le droit de circuler librement sur les machines, dans les limites de leurs circonscriptions respectives, sur la simple constatation de leur identité.

Les commissaires de surveillance administrative ont également le droit de circuler sur les machines dans leurs circonscriptions, mais à la condition de remettre, au chef de la gare de départ ou au chef du train auquel la machine est attelée, une réquisition écrite et motivée.

Il n'y a pas lieu d'exiger cette réquisition lorsqu'un commissaire part avec une machine allant au secours d'un train.

ART. 86. — Les agents de l'administration désignés par un ordre de service du directeur, ou porteurs d'une autorisation spéciale, ont également le droit de circuler sur les machines.

ART. 87. — En dehors des cas prévus par les deux articles précé-

dents, sont seules autorisées à monter sur les machines les personnes étrangères munies d'autorisations signées par le directeur ou par l'ingénieur en chef du matériel et de la traction. Les mécaniciens et les chefs de train doivent interdire à toute autre personne la faculté de monter sur les machines.

Art. 88. — Le nombre des personnes qui peuvent être admises sur une machine ne doit pas dépasser cinq, mécanicien et chauffeur compris.

APPENDICE

1. — EXTRAIT DE LA CIRCULAIRE DE M. LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS RELATIVE A L'ENQUÊTE SUR LES MOYENS DE PRÉVENIR LES ACCIDENTS DES CHEMINS DE FER.

La commission d'enquête émet l'avis qu'il y a lieu de recommander ux Compagnies l'emploi d'appareils avertisseurs ou protecteurs aux assages à niveau, eu égard à leur fréquentation et à leur situation. ar la circulaire du 11 septembre 1879, elles ont été invitées à procéer, de concert avec les services de contrôle, à une revision générale de leurs passages à niveau, en vue de déterminer ceux de ces assages qui, à raison de leur situation particulière, auraient besoin 'être protégés plus spécialement ; ainsi qu'à proposer les mesures ont cette revision aurait fait reconnaître l'opportunité.

Dans l'opinion de la commission d'enquête, il convient d'inviter les ompagnies à appliquer progressivement les appareils d'enclanchement, sans désignation d'aucun système particulier, à toutes les bifurcations, à tous les groupes d'aiguilles intéressant la sécurité de la irculation sur les voies principales.

Il serait désirable, enfin, que toute aiguille isolée donnant accès ur les voies principales fût munie d'un appareil ne permettant d'engager ces voies que lorsque le signal qui les protège est à l'arrêt.

dents, sont seules autorisées à monter sur les machines étrangères munies d'autorisations signées par le d… l'ingénieur en chef du matériel et de la traction. … les chefs de train doivent interdire à toute autre … de monter sur les machines.

ART. 88. — Le nombre des personnes … sur une machine ne doit pas dépasser ci… compris.

… des ap…
… aiguilles
… es sur les voies
… nt être ouvertes que
… arrêt.
… iter les Compagnies à don-
… moyen sûr et efficace de com-
… directement, soit par l'intermé-
… Elle estime également qu'il y a lieu
… cessaires pour donner aux voyageurs,
… cloisons séparatives complètes, le moyen
… nts ; de prendre également les mesures néces-
… s tous les trains, l'un des agents au moins puisse
… des voitures offertes aux voyageurs.
… des Compagnies a été appelée en même temps sur l'u-
… aurait, pour prévenir des tentatives criminelles, à établir
… ications partielles entre les compartiments voisins d'une
… voiture, par exemple au moyen d'ouvertures de dimensions
… fermées par des glaces.
… suivant la commission d'enquête, il convient de signaler aux Com-
pagnies l'utilité d'appliquer le block-system sur toutes les sections
de lignes où le trafic atteint un mouvement de 5 trains à l'heure,
dans le même sens, à certaines heures de la journée ; de les invi-
ter à faire l'application du système de cantonnement à certains points
particuliers de leurs réseaux, tels que les points de ramification ou de

de 425 millions de francs à 600 millions dans un laps de temps de dix ans, de 1870 à 1880, et les sommes payées aux victimes des accidents sont descendues de 75 millions à 57 millions.

Par suite de la réduction des tarifs dans cet intervalle, le nombre des voyageurs avait augmenté dans une proportion plus forte que les recettes. On attribue l'augmentation de la sécurité au block-system, aux freins continus, à la liaison automatique des aiguilles et des signaux, enfin à la séparation complète du transport des voyageurs et des marchandises par l'établissement d'une seconde double voie, donc huit files de rails de voie principale.

§ 2. — MODÈLE DU CAHIER DES CHARGES POUR LA FOURNITURE DE LOCOMOTIVES A GRANDE VITESSE.

ARTICLE PREMIER. *Objet du cahier des charges.* — Le présent cahier des charges a pour objet la fourniture à la Compagnie du chemin de fer de machines-locomotives à grande vitesse.

ART. 2. *Conditions générales.*—Les machines seront livrées entièrement terminées et prêtes à être mises en service. Toutefois, si la Compagnie applique à ces machines des appareils destinés à actionner des freins continus, la fourniture et le montage de ces appareils ne feront pas partie de la commande. Les machines seront, pour leur disposition et leurs dimensions principales, conformes au dessin d'ensemble joint au dossier d'adjudication, et, pour les détails, conformes aux dessins qui seront remis au constructeur par la Compagnie.

ART. 3. *Dispositions et dimensions principales.*— Les machines sont portées par trois paires de roues. L'une d'elles, placée à l'avant, est indépendante ; les deux autres sont accouplées. Les cylindres et tout le mécanisme sont placés à l'extérieur des roues. Les cylindres sont situés en arrière de la paire de roues d'avant. Les roues motrices sont placées derrière le foyer.

Châssis et roues. — Le châssis est formé par deux longerons en fer ıminé. Ces longerons sont réunis à l'avant, à l'arrière et en face des ylindres par des appendices formés de tôles et de cornières forgées. e plus, de fortes entretoises en fer forgé réunissent l'une à l'autre les aques de garde d'un même essieu. La traverse d'avant porte deux mpons élastiques, un crochet de traction avec tendeur et deux brides sûreté. La traverse d'arrière porte deux faux tampons en fonte, ı crochet de traction agissant sur une cheville d'attelage et des ıapes pour chaînes de sûreté. Les guides des boîtes à graisse des ues de support sont en fonte ; celles des roues accomplées sont en r cémenté et trempé. Afin de faciliter le passage dans les courbes, ssieu de support porte sur ses boîtes un appareil à plans inclinés. hacune des guides des boîtes à graisse des roues accouplées porte n coin de rattrapage de jeu en fer cémenté et trempé. La tige du in est rapportée. Les ressorts sont en acier fondu, et formés de 6 lames avec une corde de fabrication de 1 mètre. Le tablier et les ımpes sont en tôle de 0m.004, à l'exception de la plate-forme du ıécanicien qui est en tôle de 0m,01 d'épaisseur. Le tablier est ıpporté : aux extrémités, par les traverses de tête ; en face des ues d'avant, par des équerres et les ailes de la tôle d'avant du ıpport de la chaudière ; près des cylindres, par les cylindres euxıêmes ; entre les roues couplées, par les supports de glissières ; à arrière, par deux supports latéraux en tôle et par des cornières l'arrière du foyer. Des couvre-roues en tôle portant les plaques de nstruction sont placés sur les roues du milieu. Chacun des couvreues d'arrière est formé par la rampe, par une tôle fixée au longeron par une tôle de pourtour qui sert de siège à un injecteur. Les roues nt entièrement en fer forgé. Leur mode de fabrication devra être gréé par l'ingénieur en chef du matériel et de la traction de la ompagnie. Le diamètre de la jante des roues accouplées, après urnage pour application de bandages, est fixé à la cote rigoureuse 1m,97 et, pour les roues de support, à 1m,28, sans tolérance aucune. a jante ne devra présenter aucune trace de feu, afin que le bandage y applique rigoureusement sur toute la surface. Les bandages sont

en acier puddlé ; ils auront, après tournage, une épaisseur de 0m,07, mesurée au cercle de roulement. Les essieux seront en fer de première qualité. Si les bandages et les essieux ne sont pas fabriqués dans l'usine du constructeur, celui-ci devra faire agréer leur provenance par l'ingénieur en chef du matériel et de la traction. Les manivelles des essieux accouplés sont disposées de manière que la manivelle de gauche étant verticale et au-dessus de l'essieu, la manivelle de droite soit horizontale et en avant. Les boutons moteurs et d'accouplement sont en fer cémenté et trempé. Tous les diamètres d'alésage des moyeux ou des boutons de manivelles seront entre eux rigoureusement les mêmes, sans aucune tolérance sur les dimensions arrêtées.

Le montage des roues sur les essieux et des boutons de manivelle sur les roues sera fait à la presse hydraulique et l'on devra, tout en prenant les précautions d'usage, employer, pour les faire entrer, une pression au moins égale à 75,000 kilogrammes pour les roues motrices et accouplées ; à 40,000 kilogrammes pour les roues d'avant, et à 20,000 kilogrammes pour les boutons. Tout calage qui serait obtenu par des pressions moindres serait un motif de refus des roues montées. La distance devant exister entre l'axe des boutons de manivelle et l'axe des essieux sera observée sans tolérance aucune. Les manivelles d'un même essieu seront placées rigoureusement d'équerre et sans tolérance aucune. Les contrepoids placés sur les roues accouplées pour équilibrer les pièces mobiles viendront de forge avec les corps de roues. Toutes les boîtes à graisse sont en fer forgé, cémentées et trempées. Les coussinets sont en bronze. Les dessous des boîtes sont en fonte; ils seront alésés sur un diamètre de 0m,002 plus grand que les coussinets. Les coussinets seront montés avec un jeu de 0m,002 sur les fusées et ils seront ajustés sans aucun jeu dans les boîtes. Les coussinets porteront deux trous de graissage. Pour la vérification du montage des machines, les boîtes porteront, à l'intérieur, un cercle concentrique à la fusée, obtenu par un coup de grain d'orge, au moment de l'alésage. Le parallélisme des essieux ne pourra, dans aucun cas, être obtenu par des inégalités d'épaisseur, soit dans les glissières, soit dans les boîtes.

Chaudières, appareils de sûreté et appareils d'alimentation. — L'enveloppe extérieur du foyer et le corps cylindrique sont en tôle de fer de 0m,013 d'épaisseur. Les rivets d'assemblage sont également en fer. Les clouures horizontales sont à double rangée de rivets disposés en quinconces. Les clouures verticales n'ont qu'un rang de rivets. La chaudière est timbrée à 9 kilogrammes ; elle sera éprouvée conformément aux prescriptions de la loi. Les fermes du foyer sont disposées transversalement et reposent sur des pièces en fer forgé rivées aux parois du foyer. Les fermes sont en tôle d'acier de 0m,010 d'épaisseur. La boîte à feu intérieure est en cuivre rouge, ainsi que la plaque tubulaire de la boîte à fumée. Les parois latérales et le ciel du foyer ont 0m,013 d'épaisseur. La plaque tubulaire du foyer a 0m,028 d'épaisseur dans la partie où sont fixés les tubes et 0m,015 à la partie inférieure. La plaque d'arrière a 0m,020 d'épaisseur autour de la porte et 0m,015 à la partie inférieure. Les rivets d'assemblage sont en fer. Les entretoises sont en cuivre rouge de 0m,021 de diamètre et sont percées aux deux extrémités de trous de 0m,005 de diamètre sur 0m,04 de profondeur environ. Les tubes sont en fer; ils ont 0m,0025 d'épaisseur et 0m,050 de diamètre extérieur et sont raboutis en cuivre rouge de 0m,003 d'épaisseur du côté du foyer, sur une longueur de 0m,080. Leur surface extérieure devra être parfaitement lisse et ne présenter aucune crique, gerçure ou autre défaut de soudure. La qualité des tubes devra être telle qu'une collerette régulière ayant pour diamètre extérieur celui du tube augmenté de quatre fois son épaisseur puisse être rabattue, à froid, à angle droit, par rapport à la génératrice du tube, sans aucune crique ni gerçure quelconque. Les tubes seront, d'autre part, essayés à la presse hydraulique et ils devront pouvoir supporter une pression intérieure de 25 kilogrammes par centimètre carré, sans qu'il se manifeste aucun suintement. Le corps cylindrique est garni intérieurement d'une feuille de cuivre rouge de 0m,001 d'épaisseur, qui règne sur la moitié inférieure de la circonférence du corps cylindrique. La chaudière porte un dôme de prise de vapeur en tôle de fer de 0m,01 d'épaisseur. A la partie supérieure du dôme est rivé un siège en fonte sur lequel sont disposées les soupapes de sûreté.

La chaudière est alimentée par deux injecteurs, un à gauche et un à droite. La chaudière est fixée au bâti à l'arrière du foyer ; la dilatation se fait par l'avant.

Mécanisme. — Les cylindres seront en fonte grise, dure, à grain serré. — Ils devront présenter des surfaces parfaitement rabotées dans les parties d'assemblage. — Ils devront être coulés de manière à ne présenter ni soufflure ni gouttes froides. Les lumières, ainsi que les tubulures d'admission et d'échappement, ne devront présenter aucun étranglement.

Les couvercles des cylindres seront disposés de manière que, le piston étant arrivé à la fin de sa course, il y ait un jeu absolu de $0^m,010$ en avant, et $0^m,010$ également en arrière. Pour vérifier, en service, le maintien rigoureux de ce jeu aux fins de course, l'indication des fonds de cylindre sera portée sur les glissières par un trait parfaitement gravé en correspondance avec un trait semblable sur l'axe vertical des coulisseaux. Les pistons sont en bronze. Leurs tiges sont en acier fondu. Les têtes de pistons sont en fer cémenté et trempé, avec coulisseaux rapportés en fonte et garnis d'antifriction. Les glissières des têtes de pistons sont en fer et sont garnies de semelles en acier fondu. Les supports des glissières des têtes de pistons sont en laiton. Les bielles motrices et les bielles d'accouplement sont en fer de première qualité ; toutes leurs têtes seront cémentées et trempées. Les clavettes sont en acier fondu, non trempé. Les tourillons des bielles, les tourillons et broches du mouvement de distribution, ainsi que les coulisses et coulisseaux, sont en fer. Toutes ces pièces seront cémentées et trempées. Les œils des barres d'excentrique et de toutes les pièces de distribution sont munis de bagues en acier. Les colliers d'excentrique sont en bronze et garnis d'antifriction. Les poulies d'excentrique sont en fonte. Le changement de marche est manœuvré par une vis et un volant. Il donne le mouvement à un arbre placé au-dessus du foyer, qui le renvoie à deux arbres placés sur les supports des glissières.

Appareils divers. — Le régulateur est horizontal, à un seul tiroir. Il prend la vapeur à l'aide d'un tuyau en cuivre rouge à la partie su-

périeure du dôme ; il est manœuvré par une vis et un volant. Le sablier est du type déjà adopté par la Compagnie ; la caisse à sable est en fonte. L'échappement est variable. L'arrière de la machine est couvert par un abri en tôle supporté par des colonnes et portant une lanterne. L'enveloppe de la chaudière est en tôle d'acier de $0^m,0015$ d'épaisseur. Les dimensions principales de la machine sont les suivantes : diamètre des roues couplées au contact des rails avec bandages de $0^m,07$ d'épaisseur, $2^m,11$; diamètre des roues de support avec bandages de $0^m,7$ d'épaisseur, $1_m,42$; écartement intérieur des bandages des roues, $1^m,36$; écartement des essieux extrêmes, $5_m,40$; diamètre des cylindres, $0^m,43$; course des pistons, $0^m,60$; diamètre intérieur moyen du corps de chaudière, $1_m,28$; surface de chauffe de la boîte à feu, $91^{mq},12$; surface de chauffe des tubes, $94^{mq},01$; longueur des tubes entre les plaques, $3_m,50$; diamètre extérieur des tubes, $0^m,05$; nombre des tubes, 180 ; longueur du foyer à la grille, $1^m,702$; largeur du foyer à la grille, $1^m,006$; hauteur totale au-dessus de la grille au ciel du foyer, $1^m,520$; épaisseur des longerons, $0_m,028$.

Art. 4. *Mode de fabrication et qualité des matériaux.*— Ces machines seront exécutées avec tous les soins et avec toute la précision que les meilleurs ateliers apportent aux constructions de ce genre. Toutes les pièces similaires des diverses machines seront absolument identiques, de telle sorte qu'une pièce quelconque puisse s'adapter sans aucune retouche à l'une quelconque des machines. Afin d'assurer l'uniformité des pas de vis, la Compagnie remettra au constructeur des types des divers taraudages adoptés par elle et auxquels il devra se conformer rigoureusement. Toutes les matières entrant dans la construction des machines seront de première qualité. Les tôles des chaudières seront toutes essayées à la traction et devront présenter, au minimum, les résistances et les allongements désignés au tableau suivant :

DÉSIGNATION DES TOLES	SENS DU LAMINAGE		SENS OPPOSÉ AU LAMINAGE	
	Résistance minimum par millim. carré	Allongement minimum sur 0m,100	Résistance minimum par milim. carré	Allongement minimum sur 0m,100
Tôles plates ou cintrées . . . . . Tôles embouties.	35 kilog.	0m,015	33 kilog.	0m,011
Tôles autres que celles de la chaudière proprement dite (boîte à fumée, etc.)	32 »	0m,010	30 »	0m,008
Fermes en acier	50 »	0m,028	50 »	0m,028

Toute tôle ne satisfaisant pas aux conditions ci-dessus indiquées sera rebutée. Les tôles destinées à faire les longerons seront essayées à la traction et devront présenter, au minimum, les résistances et les allongements désignés ci-dessous : dans le sens du laminage ou dans le sens perpendiculaire au laminage : résistance par millimètre carré, 32 ou 26 kilog. ; allongement mesuré sur 100 millimètres, 6 0/0 ou 3 0/0. Le titre de tous les objets en bronze ou en laiton sera fixé par l'ingénieur en chef du matériel et de la traction, qui déterminera également la composition du métal blanc à employer. Des essais à la traction seront faits sur des éprouvettes prélevées dans chaque feuille de cuivre des foyers. Ces cuivres, ainsi que les entretoises, devront présenter, au minimum, les résistances par millimètre carré et les allongements sur 0m,20 : pour le cuivre en planche de foyers, 21 kilogrammes et 0m,05, et pour les entretoises en cuivre, 28 kilogrammes et 0m,03. Les coefficients d'allongement donnés ci-dessus se rapportent à des longueurs d'éprouvettes de 0m,1 avant essai, sauf pour les cuivres, dont les coefficients s'appliquent à une longueur de 0m,2. Tous les écrous en fer susceptibles d'être manœuvrés souvent seront cémentés et trempés. Tous les écrous situés dans la chaudière ou la boîte à fumée, à l'exception des écrous des boulons des fermes du foyer, sont en bronze. Les épreuves et essais de matières et de pièces fabriquées seront faits dans les ateliers du constructeur de locomotives. Il ne pourra être dérogé à cette prescription sans une

autorisation expresse de l'ingénieur en chef du matériel et de la traction.

Art. 5. *Peinture.* — L'intérieur et l'extérieur de la chaudière et de son enveloppe, et généralement toutes les parties à peindre, recevront deux couches au minium pour préserver les surfaces de l'oxydation. Toutes les parties intérieures du bâti et les rampes recevront, outre les deux couches au minium ci-dessus mentionnées, une couche de noir au vernis. Toutes les parties apparentes de la machine seront peintes conformément à la spécification qui sera remise par l'ingénieur en chef du matériel et de la traction.

Art. 6. *Modifications pendant l'exécution.* — La Compagnie se réserve le droit, en cours d'exécution, de demander des modifications pour les formes, dimensions et dispositions des machines ou des pièces de machines, soit dans leur ensemble, soit dans leurs détails.

Si ces modifications sont de nature à augmenter ou à diminuer les charges du constructeur, les prix fixés par la soumission subiront, de ce chef, une augmentation ou une réduction qui seront fixées, à l'amiable autant que possible, avant l'exécution. Dans le cas où ces modifications entraîneraient le rebut de pièces en mains, ou déjà confectionnées, le fournisseur aura droit à une indemnité fixée aussi à l'amiable, autant que possible.

Art. 7. *Surveillance à l'usine.* — Les agents de la Compagnie auront toujours libre entrée dans les ateliers du constructeur. Ils pourront faire toutes les vérifications et épreuves qu'ils jugeront utiles, indépendamment de celles stipulées dans le présent cahier des charges, pour s'assurer que toutes les conditions du marché sont exactement remplies.

Art. 8. *Réception provisoire.* — Une réception provisoire aura lieu dans les ateliers du constructeur, aux différentes époques de livraison qui seront mentionnées dans la soumission. Une seconde récep-

tion sera faite au lieu de livraison. Nonobstant la réception provisoire, la Compagnie aura le droit de refuser les machines qui présenteraient des défauts ou qui ne seraient pas conformes, en tout ou en partie, aux plans et à la spécification approuvés par l'ingénieur en chef du matériel et de la traction.

Art. 9. *Responsabilité du fournisseur.* — La surveillance exercée à l'usine par les agents de la Compagnie, les vérifications et épreuves, ainsi que les réceptions à l'usine et au lieu de livraison, n'auront, dans aucun cas, pour effet de diminuer la responsabilité du fournisseur, laquelle demeurera pleine et entière jusqu'à l'expiration du délai de garantie fixé par l'article 13.

Art. 10. *Epreuves.* — La Compagnie aura le droit de faire sur les matériaux employés, comme sur les pièces fabriquées, tous les essais qu'elle jugera nécessaires. Toutes les modifications, réparations et changements auxquels donneraient lieu ces essais, pour vices de construction ou mauvaise qualité des matières, seront à la charge du constructeur, qui devra se conformer en tous points aux prescriptions des représentants de la Compagnie du chemin de fer.

Art. 11. *Propriété de la Compagnie après réception.* — Après la réception provisoire à l'usine, les machines reçues, comprises dans les procès-verbaux de réception, seront, par ce seul fait, la propriété de la Compagnie, soit qu'on les expédie immédiatement, soit qu'on les remise dans les hangars du constructeur ; en tout cas, tant que les locomotives n'auront pas été expédiées, elles seront conservées par le constructeur, à ses frais, risques et périls.

Art. 12. *Rebuts.* — Les pièces refusées seront, au choix du fournisseur, ou marquées d'un poinçon spécial, comptées et mises de côté pour être présentées aux agents de la Compagnie à toute réquisition, ou cassées immédiatement sous les yeux de ces agents.

Art. 13. *Réception définitive.* — La réception définitive ne se fera qu'après un parcours de 40,000 kilomètres, lequel devra être effectué dans un délai de six mois, sauf les cas de grandes réparations nécessitées par des vices de construction ou mauvaise qualité de matériaux.

Art. 14. *Garantie.* — Si, pour ce motif, les 40,000 kilomètres n'étaient pas parcourus dans l'espace de six mois, la responsabilité du constructeur continuerait et serait garantie par les paiements non encore effectués. Le constructeur garantit le bon fonctionnement des fournitures faisant l'objet du présent cahier des charges, pendant le délai de garantie déterminé comme il est dit à l'article 13, à l'exception toutefois des bandages pour lesquels une garantie spéciale est fixée ci-dessous. Il garantit, pendant la même durée, la parfaite conservation de la peinture et du vernissage. Pendant ce délai, tout ensemble ou partie de machine ou toute peinture ou vernissage qui présenterait un vice de fabrication ou un défaut de matière serait remplacé ou réparé par la Compagnie aux frais du fournisseur. Le constructeur garantit en outre les bandages pour un parcours minimum de 50,000 kilomètres. Le paiement des deux derniers dixièmes fait, ainsi qu'il est dit à l'article 20, à l'expiration du délai de garantie de 40,000 kilomètres sus-mentionné, ne nuira en rien à la garantie de parcours des bandages, fixée plus haut à 50,000 kilomètres. Tout bandage qui serait mis hors de service avant ce parcours serait remplacé immédiatement par le constructeur et à ses frais, par un bandage neuf, rendu franco aux ateliers de la Compagnie.

Art. 15. *Frais d'épreuves et de réceptions.* — Tous les frais de matières, de main-d'œuvre et d'appareils pour les épreuves et réceptions, sauf le traitement des agents réceptionnaires, seront à la charge du fournisseur.

Art. 16. *Force majeure.* — Ne seront pas considérées comme cas de force majeure justifiant des retards de livraison les difficultés de

transports, ni les circonstances qu'une surveillance vigilante aurait pu empêcher ou qu'un redoublement d'activité aurait pu compenser.

ART. 17. *Indemnités en cas de retard.* — Faute par le fournisseur d'avoir opéré les livraisons dans les délais prescrits par la soumission, il subira, par jour de retard et par machine, sans qu'il soit besoin de mise en demeure, une retenue de 100 francs sur le prix des fournitures en retard. Les délais compteront à partir du jour fixé par la soumission. En outre la Compagnie du chemin de fer, indépendamment des retenues pour retards ci-dessus indiquées qui lui seront acquises, aura le droit, par le seul fait du retard, et après une mise en demeure n'ayant pas amené dans un délai de huit jours la livraison totale des quantités en retard, de résilier le marché pour tout ou partie, à son choix, des quantités restant à livrer, de réadjuger ces quantités avec publicité et concurrence, aux risques et périls du soumissionnaire, ou de traiter directement avec un autre fournisseur, sans préjudice, dans tous les cas, des dommages-intérêts qui pourraient être dus pour quelque cause que ce soit résultant du retard et de la résiliation.

ART. 18. *Rétrocession.* — La présente fourniture ne pourra être rétrocédée, en tout ou en partie, sans l'agrément formel de la Compagnie du chemin de fer. Le fournisseur ne pourra, non plus, faire fabriquer tout ou partie de la commande dans une autre usine que la sienne, sans une autorisation spéciale.

ART. 19. *Droits de brevets.* — Tous les droits généralement quelconques qui pourraient être réclamés à la Compagnie, par suite de l'application à ces machines d'appareils brevetés, seront à la charge du constructeur.

ART. 20. *Paiements.* — Les paiements seront effectués en traites ou en espèces, au choix de la Compagnie du chemin de fer, de la manière suivante : un dixième de la valeur des locomotives comman-

dées, six mois avant la date fixée pour la première livraison ; deux dixièmes de la valeur de la locomotive, à la réception, dans les ateliers du constructeur, du foyer complètement terminé et prêt à monter dans sa boîte à feu ; deux dixièmes de la valeur de chaque locomotive, au complet montage et achèvement de ladite locomotive, chez le constructeur ; trois dixièmes de la valeur de chaque locomotive, à la réception provisoire ; deux dixièmes de la valeur de chaque locomotive, à l'expiration du délai de garantie, qui est celui fixé pour la réception définitive.

Art. 21. *Notifications.* — Toutes notifications ou mises en demeure pourront être faites au constructeur par l'ingénieur en chef du matériel et de la traction, ou par l'un quelconque des agents sous ses ordres qu'il aura délégué spécialement et dont le certificat fera foi jusqu'à preuve contraire.

Art. 22. *Jugement des contestations.* — Les contestations qui pourraient s'élever entre les parties au sujet des clauses du présent cahier des charges et des conventions qui pourraient en être la suite seront portées devant le tribunal de commerce. Jusqu'à l'entière exécution de ce cahier des charges, tous actes de mise en demeure, toutes assignations, tous actes d'appel, toutes significations de jugements ou autres décisions, offres réelles, etc., seront valablement signifiés au constructeur-soumissionnaire, à son usine ou à son domicile, et à la Compagnie du chemin de fer.

Art. 23. *Timbre et enregistrement.* — Les frais de timbre des présentes et de la soumission seront à la charge du fournisseur. Les frais d'enregistrement seront supportés par celle des deux parties qui y aura donné lieu.

§ 3. — MODÈLE D'UN CAHIER DES CHARGES POUR LA FOURNITURE DE TENDERS POUR MACHINES LOCOMOTIVES A GRANDE VITESSE.

ARTICLE PREMIER. *Objet du cahier des charges.* — Le présent cahier des charges a pour objet la fourniture de tenders pour machines locomotives à grande vitesse.

ART. 2. *Conditions générales.*—Les tenders seront livrés entièrement terminés, munis de leurs freins et prêts à être mis en service. Toutefois, si la Compagnie du chemin de fer appliquait à ces tenders des freins continus, la fourniture et la mise en place des appareils spéciaux destinés à actionner le frein ne feraient pas partie de la commande, le frein à vis restant seul, et dans tous les cas, à la charge du fournisseur. Les tenders seront, pour leurs dispositions et leurs dimensions principales, conformes aux dessins d'ensemble joints au présent cahier des charges et, pour leurs détails, conformes aux dessins de détails qui seront remis au constructeur par la Compagnie.

ART. 3. *Dispositions et dimensions principales. Description de l'ensemble.* — Le tender est porté par trois paires de roues. Les roues sont placées à l'extérieur des boîtes à graisse. La caisse peut contenir dix mètres cubes d'eau et repose sur le châssis par l'intermédiaire d'un plancher en bois de chêne. A l'avant sont deux coffres pour matières grasses. Sur la caisse à eau sont placés deux coffres à outils. A l'arrière est un grand coffre pour outillage.

Description des détails. — Châssis et roues. — Le châssis est formé par deux longerons et une flèche, réunis à l'avant et à l'arrière par les traverses d'attelage et les coffres en tôle qui les consolident, et dans l'intervalle par des entretoises en tôle et cornières. Des consoles placées à l'extérieur des longerons concourent à supporter la caisse à eau. Les plaques de garde d'un même essieu sont réunies l'une à l'autre par

de fortes entretoises en fer forgé. Les traverses d'avant et d'arrière portent des tampons de choc avec rondelles en caoutchouc, des tendeurs d'attelage et des chaînes de sûreté. Les roues seront en fer et leur mode de fabrication devra être agréé par l'ingénieur en chef du matériel et de la traction. Les bandages seront en acier puddlé, les essieux en fer. Les bandages auront, après tournage, une épaisseur de $0^m,06$ au cercle de roulement. L'alésage du moyeu et le tournage de la jante seront faits aux cotes rigoureuses du dessin. Le calage des roues sera fait sous une pression qui ne devra pas être inférieure à 40 tonnes. Si les bandages et les essieux ne sont pas fabriqués dans l'usine du constructeur, celui-ci devra faire agréer leur provenance par l'ingénieur en chef du matériel et de la traction. Les boîtes à graisse sont en fonte, les coussinets en bronze. Les dessous de boîte sont disposés pour que le graissage s'effectue en dessous de la fusée. Les ressorts sont en acier fondu et indépendants les uns des autres.

Caisse à eau. — Les parois latérales extérieures de la caisse à eau sont formées d'une seule tôle. Le fond sur lequel repose le charbon est indépendant de la caisse à eau et repose directement sur le châssis. Les paniers de prise d'eau sont en cuivre rouge. Les clapets de prise d'eau et leur siège sont en bronze.

Les dimensions principales du tender sont les suivantes :

Longueur du châssis du dehors en dehors des traverses extrêmes, $6^m,650$; longueur des traverses extrêmes, avant, $2^m,560$; longueur des traverses extrêmes, arrière, $2^m,080$; longueur totale de la caisse à eau, $5^m,300$; largeur totale de la caisse à eau, $2^m,120$; distance entre les essieux, avant et milieu, $2^m,220$, et milieu et arrière, $1^m,600$; diamètre des jantes, $1^m,090$; épaisseur des bandages, $0^m,060$; longueur des fusées d'essieu, $0^m,240$; diamètre des fusées d'essieu, $0^m,150$; distance entre les axes des fusées d'un même essieu, $1^m,105$; hauteur des tampons au-dessus des rails, à l'avant, $1^m,120$; hauteur des tampons au-dessus des rails, à l'arrière, $1^m,070$; hauteur du tablier, à l'avant, $1^m,370$, et à l'arrière, $1^m,325$; hauteur de l'axe des rotules, $0^m,413$; épaisseur des longerons, $0^m,014$; épaisseur des tôles de la caisse à

eau : parois extérieures et supérieures, $0^m,004$, et parois intérieures et fond, $0^m,005$.

Frein. — Le frein est à six sabots. Il est commandé par une vis et une manivelle ; il est disposé de manière à pouvoir être mis en mouvement par un appareil du système des freins continus. Les sabots seront en fonte. Toutes les articulations seront cémentées et trempées.

Art. 4. *Mode de fabrication et qualité des matériaux.* — Les tenders seront exécutés avec tous les soins apportés par les meilleurs ateliers aux constructions de ce genre. Toutes les pièces similaires des divers tenders seront absolument identiques entre elles, de telle sorte qu'une pièce quelconque puisse s'adapter, sans aucune retouche, à l'un quelconque des tenders. Afin d'assurer l'uniformité des pas de vis, la Compagnie du chemin de fer remettra au constructeur des types des divers taraudages adoptés par elle et auxquels il devra se conformer rigoureusement. Toutes les matières entrant dans la construction des tenders seront de première qualité. Les tôles destinées à la fabrication des longerons seront toutes essayées à la traction et devront présenter au minimum les résistances et les allongements ci-dessous dans le sens du laminage : résistance par millimètre carré, 32 kilogrammes ; allongement mesuré sur $0^m,100$, $0^m,008$.

Dans le sens perpendiculaire au laminage : résistance par millimètres carré, 28 kilogrammes ; allongement mesuré sur $0^m,100$, $0^m,005$.

La longueur de rupture des éprouvettes sera de $0^m,100$ avant essai. Tout longeron ne satisfaisant pas à ces conditions sera refusé. Les autres tôles (caisse et châssis) devront présenter au minimum les résistances et les allongements désignés ci-dessous : en long, résistance par millimètre carré, 32 kilogrammes ; allongement sur $0^m,100$, $0^m,015$; et en travers, 30 kilogrammes et $0^m,010$. Le titre des objets en bronze ou en laiton sera fixé par l'ingénieur en chef du matériel et de la traction. Tous les écrous en fer susceptibles d'être manœuvrés souvent seront cémentés et trempés. Tous les écrous placés à l'intérieur de la caisse à eau seront en bronze. Les épreuves et essais de ma-

ières et de pièces fabriquées seront faits dans les ateliers du constructeur des tenders. Il ne pourra être dérogé à cette prescription sans une autorisation expresse de l'ingénieur en chef du matériel et de la traction.

Art. 5. *Peinture.* — L'intérieur et l'extérieur de la caisse à eau et à combustible, des caisses à outils et généralement de toutes les parties à peindre recevront deux couches au minium pour préserver les surfaces de l'oxydation. L'intérieur de la caisse à eau et des rampes recevra, outre les deux couches de minium ci-dessus mentionnées, une couche de noir au vernis. L'extérieur de la caisse sera peint conformément à la spécification qui sera remise au constructeur par l'ingénieur en chef du matériel et de la traction. La peinture ne sera appliquée qu'après la réception provisoire des tenders par la Compagnie dans les ateliers du constructeur.

Art. 6. *Modifications pendant l'exécution.* — La Compagnie se réserve le droit d'exiger, en cours d'exécution, des modifications pour les formes, dimensions et dispositions des tenders, soit dans leur ensemble, soit dans leurs détails. Si ces modifications sont de nature à augmenter ou à diminuer les charges du fournisseur, les prix fixés par sa soumission subiront, de ce chef, une augmentation ou une diminution qui seront fixées à l'amiable, autant que possible, avant l'exécution. Dans le cas où ces modifications entraîneraient le rebut de pièces en mains ou déjà confectionnées, le fournisseur aura droit à une indemnité fixée aussi à l'amiable, autant que possible.

Art. 7. *Surveillance dans les usines.* — Les agents de la Compagnie auront toujours libre entrée dans les ateliers du fournisseur. Ils pourront faire toutes les vérifications et épreuves qu'ils jugeront convenables, indépendamment de celles stipulées dans le présent cahier des charges, pour s'assurer que les conditions du marché sont exactement remplies.

Art. 8. *Responsabilité du fournisseur.* — La surveillance exercée à l'usine par les agents de la Compagnie, les vérifications et les épreuves, les réceptions à l'usine et aux dépôts, n'auront, dans aucun cas, pour effet de diminuer la responsabilité du fournisseur, laquelle restera pleine et entière jusqu'à l'expiration du délai de garantie fixé par l'article 13.

Art. 9. *Réception provisoire.*— Une réception provisoire aura lieu, dans les ateliers du constructeur, aux différentes époques de livraison qui seront mentionnées dans sa soumission. Une seconde réception sera faite au lieu de livraison. Nonobstant la réception provisoire, la Compagnie aura le droit de refuser les tenders qui présenteraient des défauts ou qui ne seraient pas conformes, en tout ou en partie, aux plans et à la spécification approuvés par l'ingénieur en chef du matériel et de la traction.

Art. 10. *Propriété de la Compagnie après réception.* — Après la réception provisoire à l'usine, les tenders reçus, compris dans les procès-verbaux de réception, seront, par ce seul fait, la propriété de la Compagnie, soit qu'on les expédie immédiatement, soit qu'on les remise dans les hangars du constructeur; en tout cas, tant que les tenders n'auront pas été expédiés, ils seront conservés par le constructeur, à ses frais, risques et périls.

Art. 11. *Rebuts.* — Les pièces refusées seront, au choix du fournisseur, marquées d'un poinçon spécial, comptées et mises de côté pour être présentées aux agents de la Compagnie, à toute réquisition, ou cassées immédiatement sous les yeux de ces agents.

Art. 12. *Réception définitive.* — La réception définitive ne se fera qu'après un parcours de 40,000 kilomètres, lequel devra être effectué dans un délai de six mois, sauf le cas de grandes réparations nécessitées par des vices de construction, ou mauvaise qualité de matières.

ART. 13. *Garantie.* — Si, pour ce motif, les 40,000 kilomètres n'étaient pas parcourus dans l'espace de six mois, la responsabilité du constructeur continuerait et serait garantie par les paiements non encore effectués. Le constructeur garantit le bon fonctionnement des fournitures faisant l'objet du présent cahier des charges pendant le délai de garantie déterminé comme il est dit à l'article 12. Il garantit, pendant la même durée, la parfaite conservation de la peinture et du vernissage. Pendant ce délai, tout ensemble ou partie de tender ou toute peinture ou vernissage qui présenterait un vice de fabrication ou un défaut de matière serait remplacé par la Compagnie aux frais du fournisseur.

ART. 14. *Frais d'épreuves et de réceptions.* — Tous les frais de matières, de main-d'œuvre et d'appareils pour les épreuves et réceptions, sauf le traitement des agents réceptionnaires, seront à la charge du constructeur.

ART. 15. *Force majeure.* — Ne seront pas considérées comme cas de force majeure, justifiant des retards de livraison, les difficultés de transport, ni les circonstances qu'une surveillance vigilante aurait pu empêcher ou qu'un redoublement d'activité aurait pu compenser.

ART. 16. *Indemnités en cas de retard.* — Faute par le fournisseur d'avoir opéré les livraisons dans les délais prescrits par sa soumission, il subira, par jour de retard et par tender, sans qu'il soit besoin de mise en demeure, une retenue de 25 francs sur le prix des fournitures en retard. Les délais compteront à partir du jour fixé par la soumission. En outre, la Compagnie, indépendamment des retenues pour retard ci-dessus indiquées, qui lui resteront acquises, aura le droit, par le seul fait du retard et après une mise en demeure n'ayant pas amené, dans un délai de huit jours, la livraison totale des quantités en retard, de résilier le marché pour tout ou partie, à son choix, des quantités restant à livrer, de réadjuger ces quantités avec publicité et concurrence, aux risques et périls du soumissionnaire, ou de

traiter directement avec un autre fournisseur, sans préjudice, dans tous les cas, des dommages-intérêts qui pourraient être dus pour quelque cause que ce soit, résultant du retard et de la résiliation.

Art. 17. *Rétrocession.* — La présente fourniture ne pourra être rétrocédée, en tout ou en partie, sans l'agrément formel de la Compagnie. Le fournisseur ne pourra non plus faire exécuter tout ou partie de la commande dans une autre usine que la sienne, sans une autorisation spéciale.

Art. 18. *Droits de brevet.* — Tous les droits généralement quelconques qui pourraient être réclamés à la Compagnie par suite de l'application à ces tenders d'appareils brevetés seront à la charge du constructeur.

Art. 19. *Paiements.* — Les paiements seront effectués à P..... ou à B.........., en traites ou en espèces, au choix de la Compagnie du chemin de fer de....... et de la manière suivante : un dixième de la valeur totale des tenders commandés, six mois avant la date fixée pour la première livraison; deux dixièmes de la valeur de chaque tender, à la réception des caisses assemblées et rivées; deux dixièmes de la valeur de chaque tender, au complet montage et achèvement du tender chez le constructeur; trois dixièmes de la valeur de chaque tender, à la réception provisoire; deux dixièmes de la valeur de chaque tender, à l'expiration du délai de garantie.

Art. 20. *Notifications.* — Toutes notifications et mises en demeure pourront être faites au fournisseur par l'ingénieur en chef du matériel et de la traction, ou par l'un quelconque des agents sous ses ordres qu'il aura délégué spécialement et dont le certificat fera foi jusqu'à preuve contraire.

Art. 21. *Jugement des contestations.* — Les contestations qui pourraient s'élever entre les parties au sujet des clauses du présent

cahier des charges et des conventions qui pourraient en être la suite seront portées devant le tribunal de commerce. Jusqu'à l'entière exécution de ce cahier des charges, tous actes de mise en demeure, toutes assignations, tous actes d'appel, toutes significations de jugement ou autres décisions, offres réelles, etc., seront valablement signifiées au constructeur soumissionnaire, à son usine ou son domicile, et à la Compagnie du chemin de fer à son siège officiel.

ART. 22. *Timbre et enregistrement.* — Les frais de timbre des présentes et de la soumission seront à la charge du fournisseur. Les frais d'enregistrement seront supportés par celle des deux parties qui y aura donné lieu.



TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE

CHAPITRE PREMIER

LA CONSTRUCTION DE LA CHAUDIÈRE DE LOCOMOTIVE

CHAPITRE II

LES ACCESSOIRES DE LA CHAUDIÈRE DE LOCOMOTIVE

CHAPITRE III

LE FONCTIONNEMENT DE LA CHAUDIÈRE

CHAPITRE IV

LA MACHINERIE

CHAPITRE V

LE VÉHICULE DE LA LOCOMOTIVE

CHAPITRE VI

LE TENDER ET LA LOCOMOTIVE-TENDER

CHAPITRE VII

LE GRAISSAGE

CHAPITRE VIII

LES FREINS

CHAPITRE IX

LES SIGNAUX

CHAPITRE X

LES VOITURES ET LES WAGONS

CHAPITRE XI

LA VOIE

CHAPITRE XII

LES APPAREILS DE TRANSBORDEMENT DES VÉHICULES D'UNE VOIE SUR UNE AUTRE VOIE

CHAPITRE XIII

LES BATIMENTS ET ACCESSOIRES DESTINÉS AUX LOCOMOTIVES

CHAPITRE XIV

LE DÉVELOPPEMENT DE LA CONSTRUCTION DU MATÉRIEL ROULANT ET DE LA VOIE

CHAPITRE XV

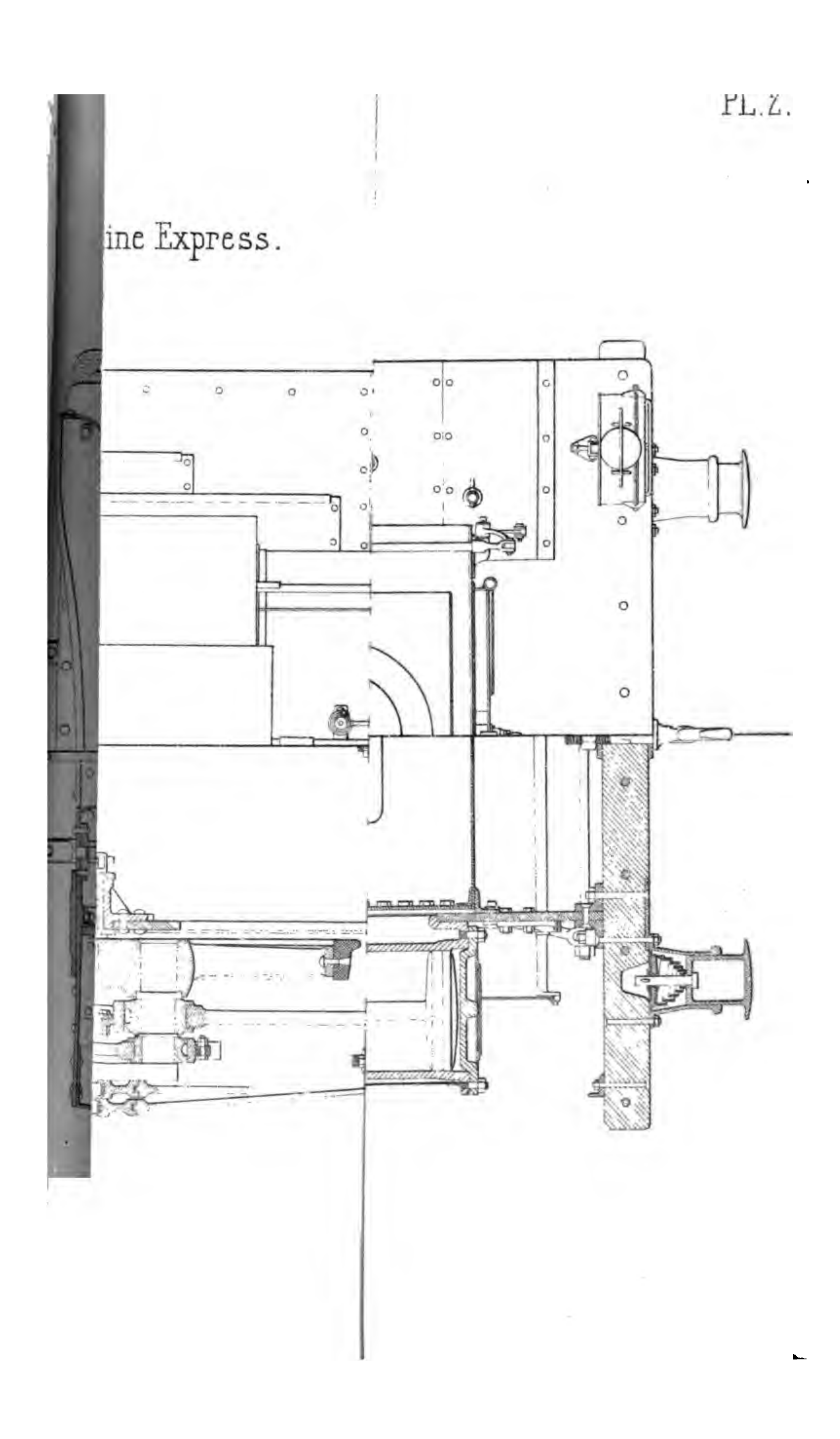
LE TRAVAIL D'UNE LOCOMOTIVE

CHAPITRE XVI

LES FONCTIONS DU MÉCANICIEN

APPENDICE

TABLE ALPHABÉTIQUE


PL. 2.
ine Express.

EXTRAIT DU CATALOGUE

Notes et Formules de l'Ingénieur et du Constructeur-Mécanicien, 2e édition, revue, corrigée et augmentée, par W.-H. Uhland, Ingénieur civil, Rédacteur en chef du *Praktischer Maschinen-Constructeur.*
2e Édition française, revue et annotée, par MM. C. de Laharpe, Jarry, H. Fontaine, Ingénieurs des Arts et Manufactures.
Carnet de poche format 17/10 comprenant 275 pages avec 430 figures sur bois, intercalées dans le texte.

PRIX : cartonné à l'anglaise, **5** *fr. ; relié, forme portefeuille,* **6** *fr.* **50.**

Traité de Machines à vapeur avec distribution par tiroirs, sans mécanisme de précision.
Exposé du développement, des progrès et des principes de construction de ces Machines, par W.-H. Uhland, Ingénieur civil, Rédacteur en chef du *Praktischer Maschinen-Constructeur.*
Édition française, revue et annotée par M. Jarry, Ingénieur civil, ancien élève de l'École centrale des Arts et Manufactures.
L'ensemble de l'ouvrage comprendra 30 planches doubles, 20 planches grand in-4°, et un volume de texte grand in-4° avec de nombreuses figures sur bois.

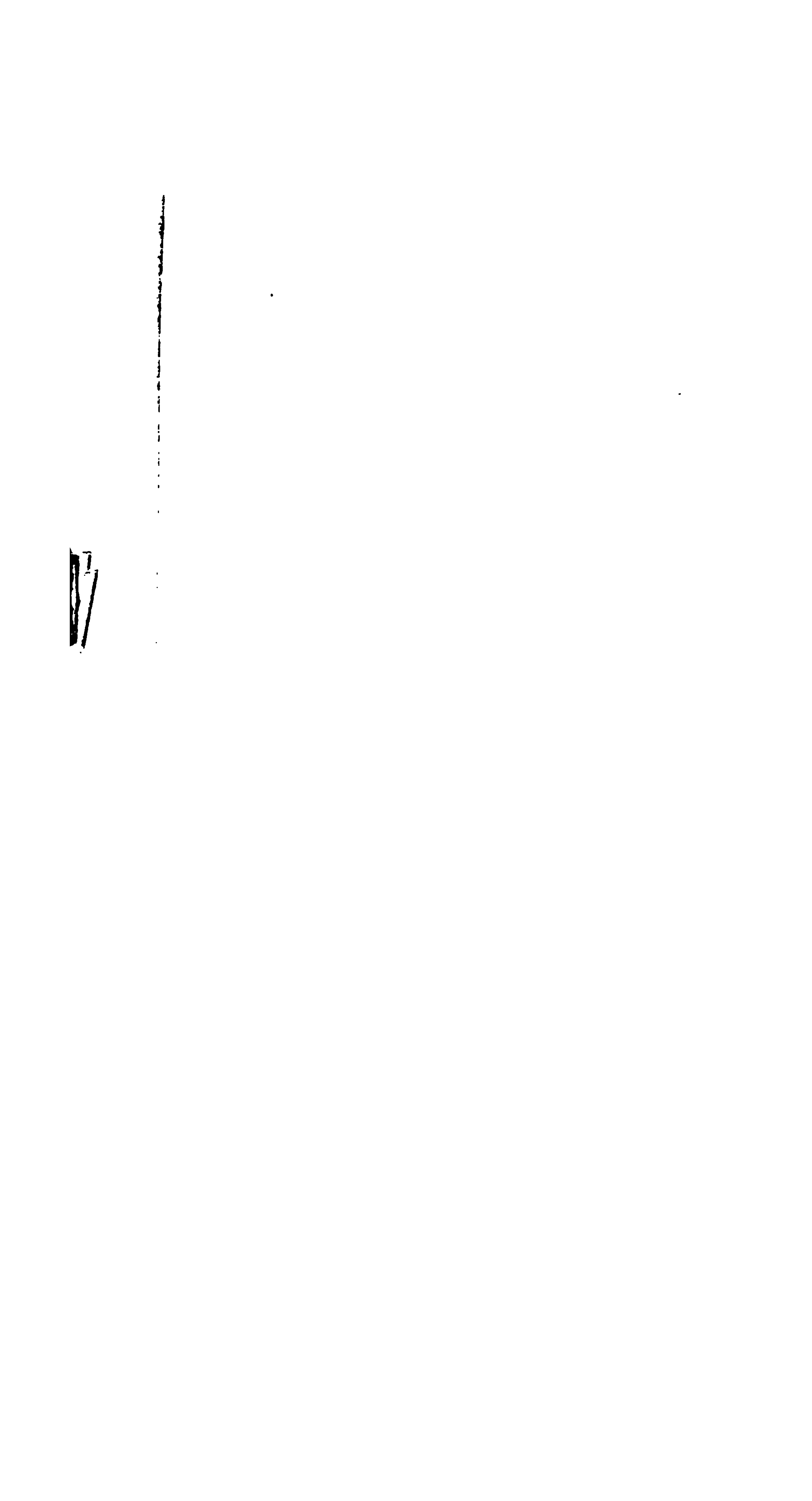
PRIX EN SOUSCRIPTION : **50** FRANCS

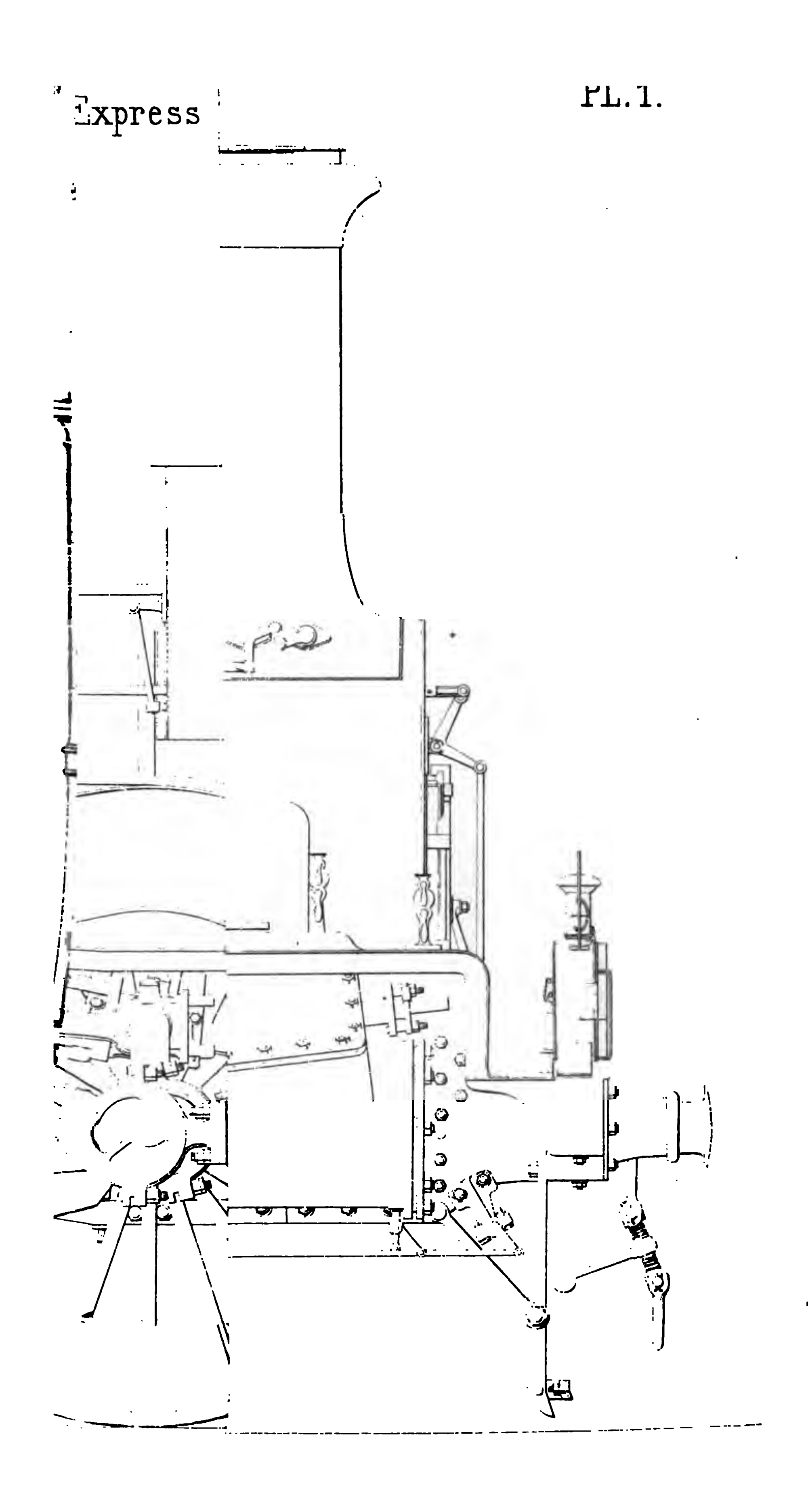
Les Nouvelles Chaudières à vapeur, notamment celles qui ont figuré à l'Exposition universelle de 1878.
Description des Types de générateurs construits le plus récemment, de leurs accessoires (Indicateurs divers, Appareils de sûreté, Conduites, etc., etc.) et des Constructions annexes (Fourneaux, Cheminées, Abris, Appareils fumivores, Récupérateurs, etc.).
Principes de Construction, résultats d'expériences, par MM. C. Beretta, Ingénieur civil, ancien élève de l'Ecole des Mines; E. Desnos, Ingénieur civil, attachés au service des Machines de l'Exposition universelle.
30 Planches in-fol. *en teintes conventionnelles* et un volume de texte grand in-4°.

Prix : en carton, 40 francs; relié, 50 francs.

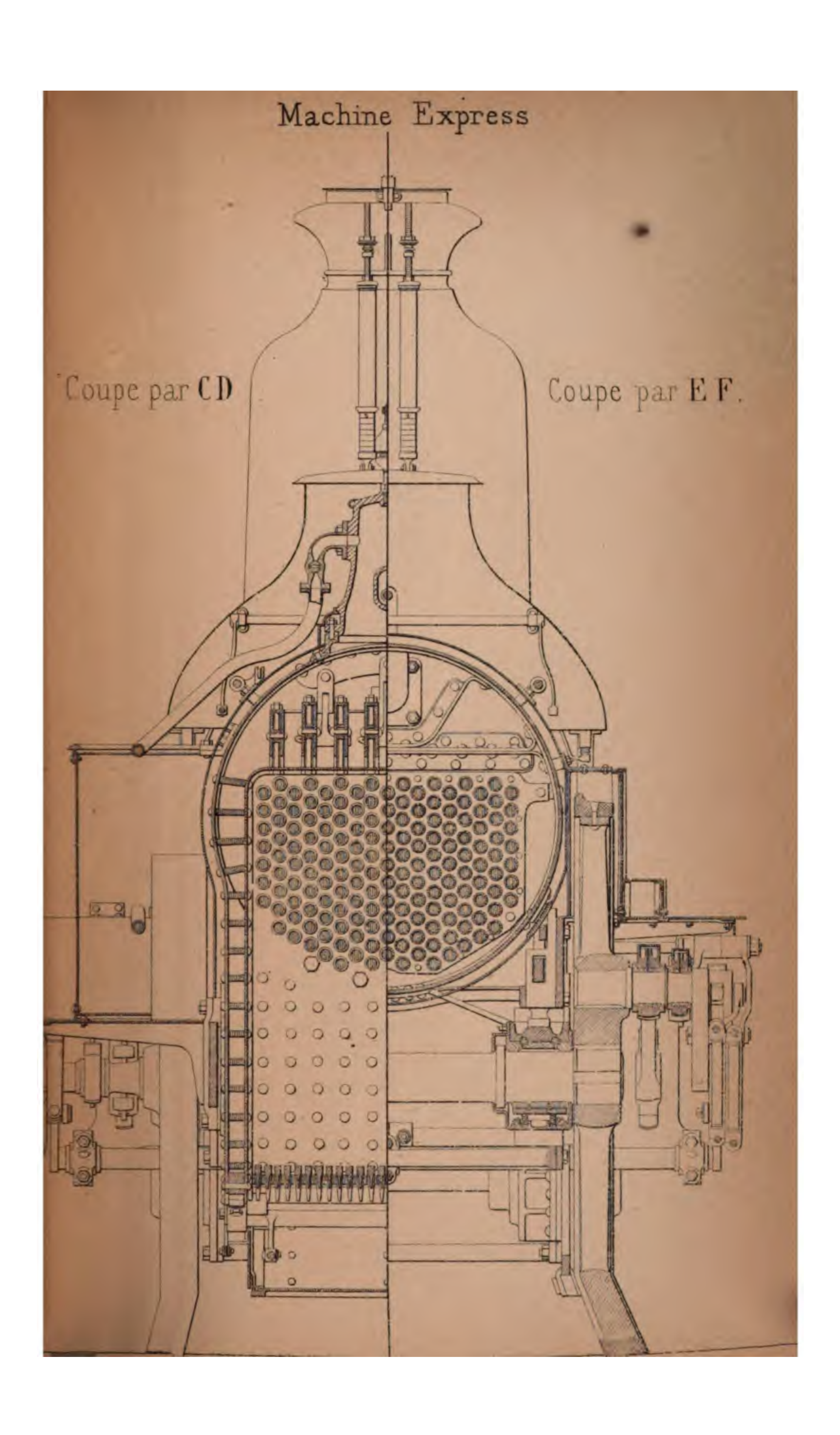
Les Nouvelles Machines à vapeur, notamment celles qui ont figuré à l'Exposition universelle de 1878.
Description des Types Corliss, à Soupapes, Compound, etc., construits le plus récemment. Exposé de l'origine, du développement et des principes de construction de ces systèmes, par W.-H. Uhland, Ingénieur civil, Rédacteur en chef du *Praktischer Maschinen-Constructeur.* Traduit de l'allemand et annoté par M. C. de Laharpe, Ingénieur-Constructeur, ancien élève de l'École centrale des Arts et Manufactures, et MM. C. Beretta, Ingénieur civil, ancien élève de l'École des Mines, E. Desnos, Ingénieur civil, attachés au service des Machines de l'Exposition universelle.
L'ouvrage complet comprend un Atlas de 60 planches doubles, 30 planches grand in-4°, en gravures sur pierre, d'une très belle exécution; un texte grand in-4° de 300 pages avec 263 gravures sur bois.

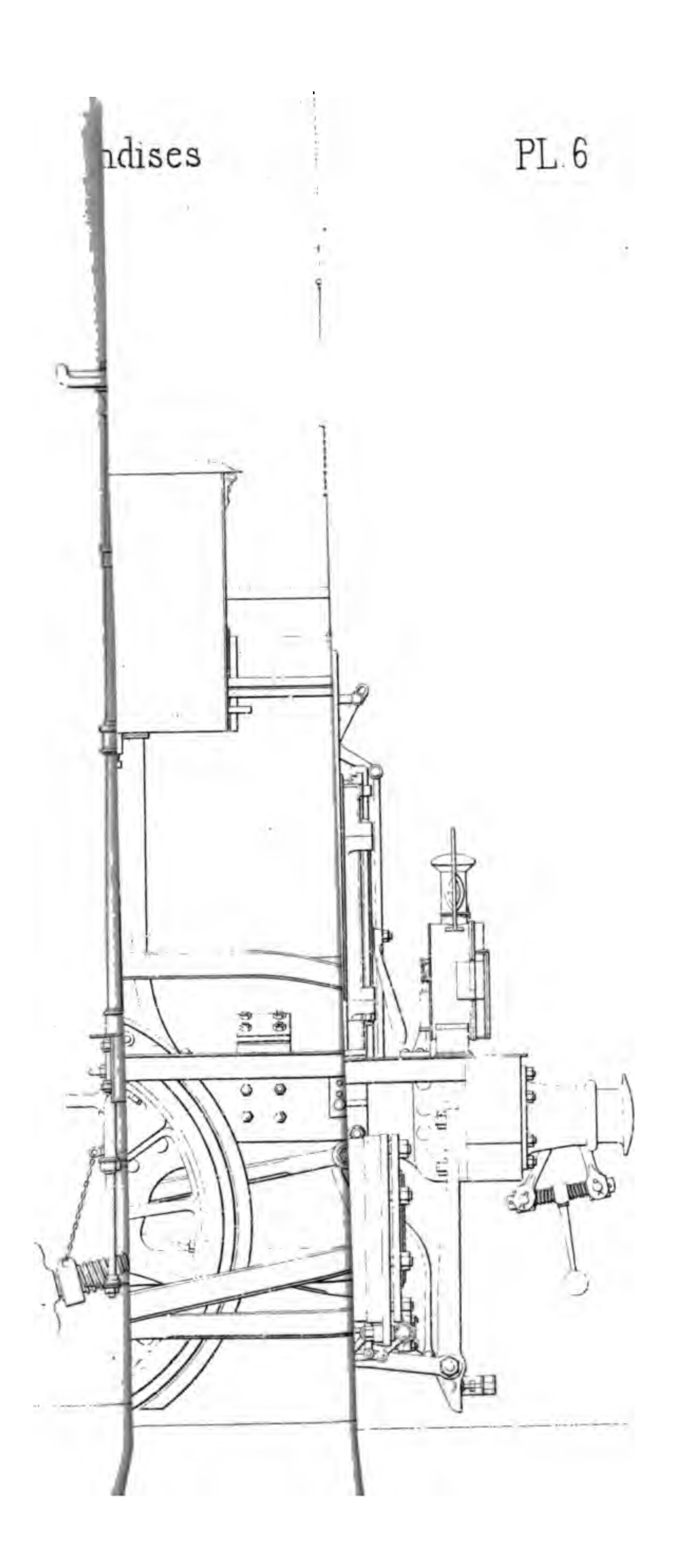
Prix : en carton, **90 fr.;** relié, **100 fr.**

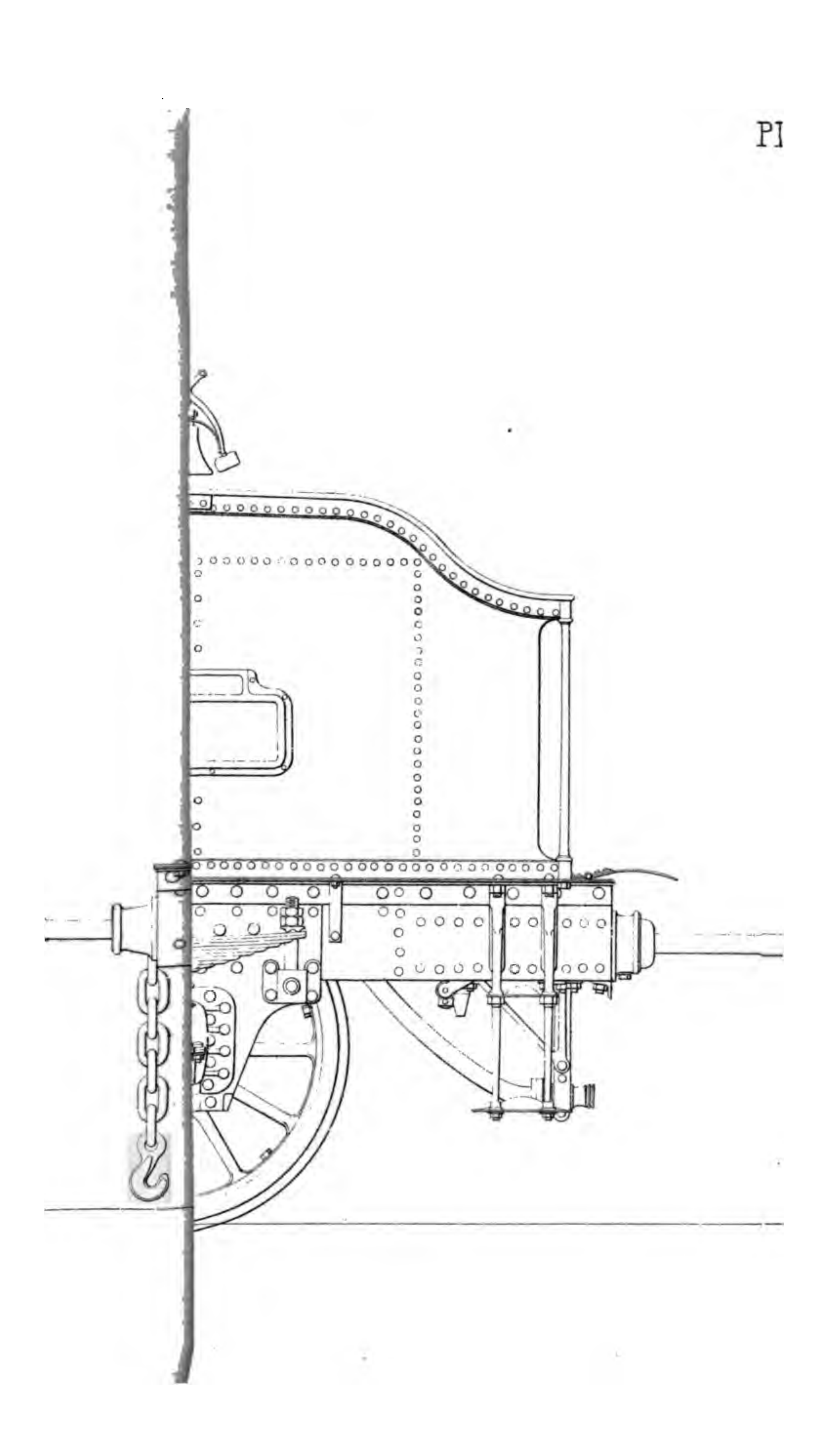




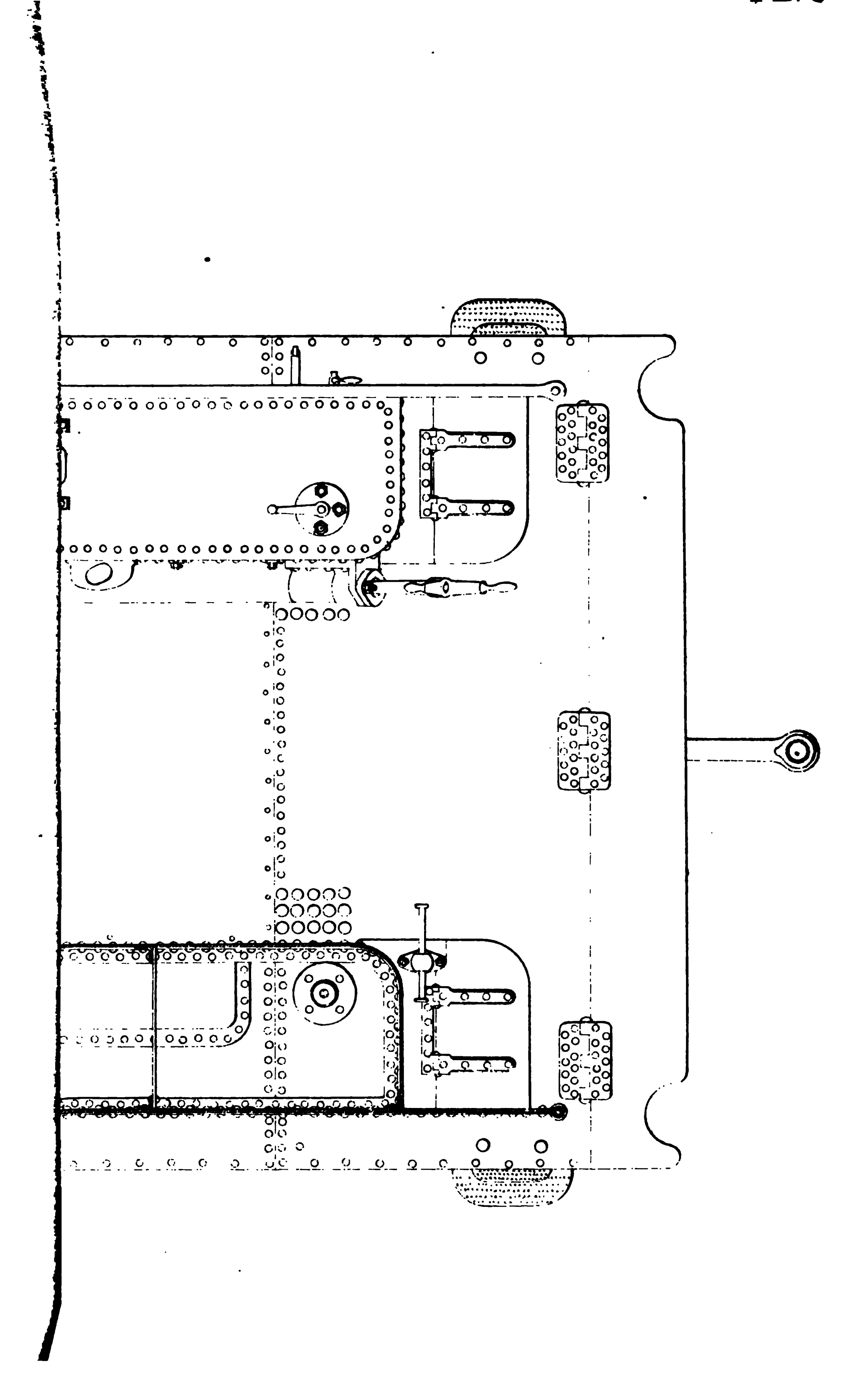
Express
PL. 1.

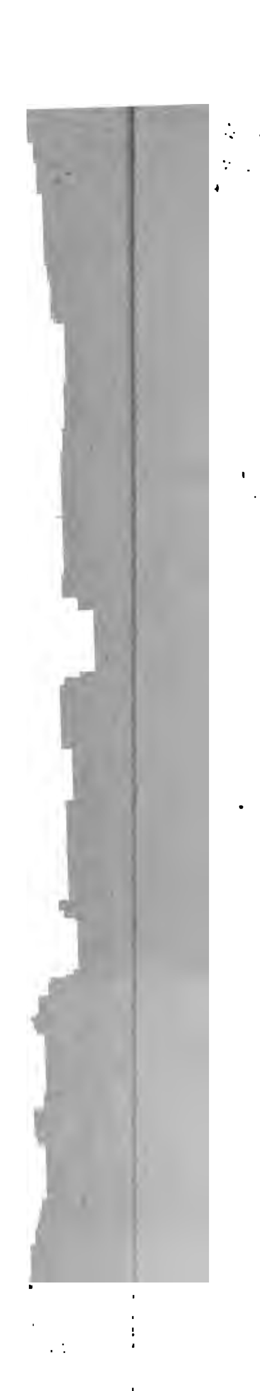

Machine Express
Coupe par CD
Coupe par EF.


ndises
PL. 6



PL. 8





PL. 9

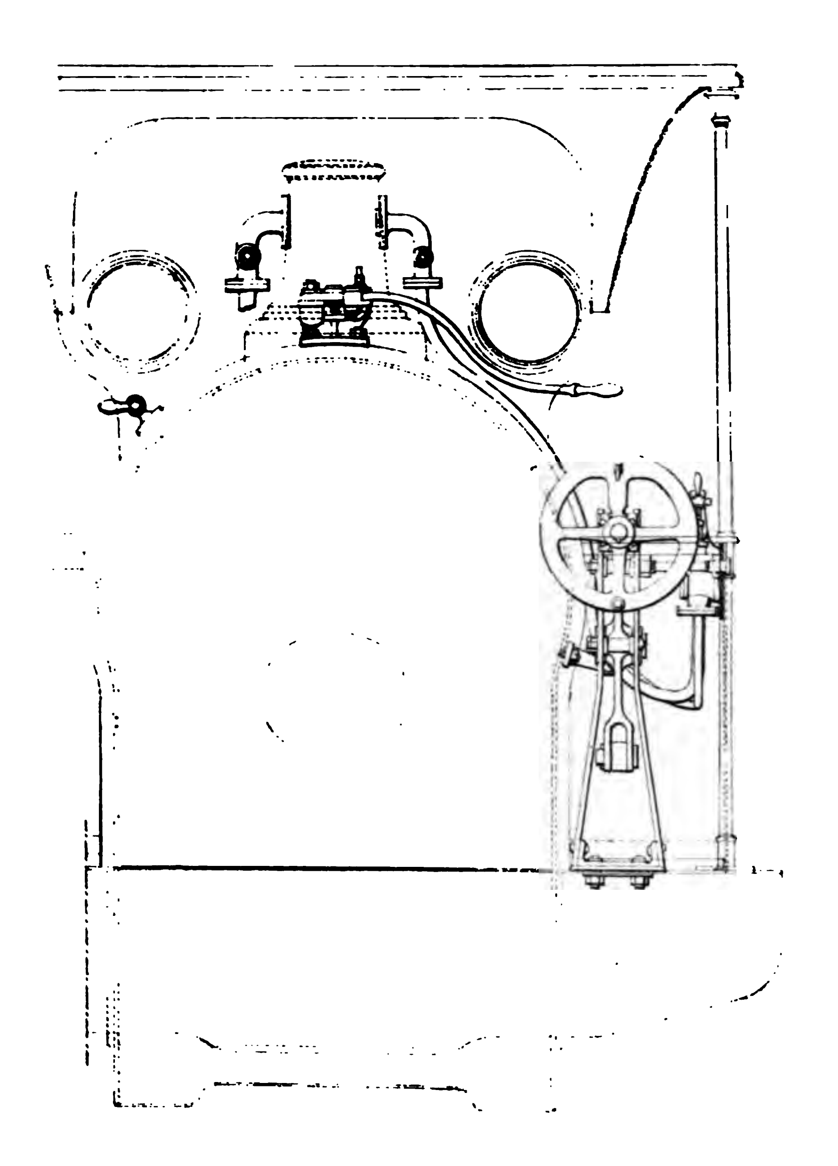


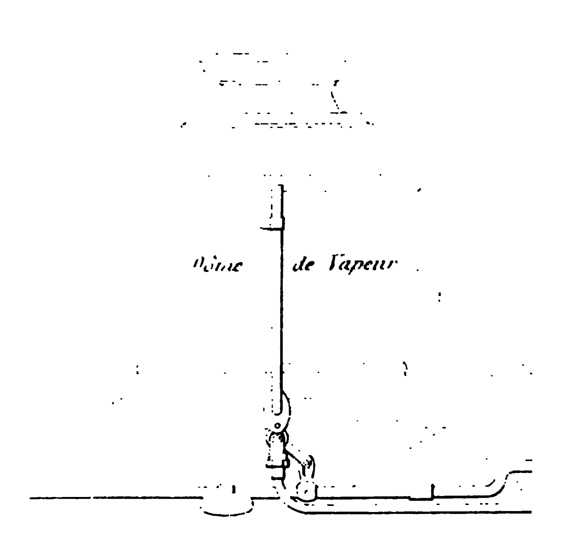
: Roues Accou

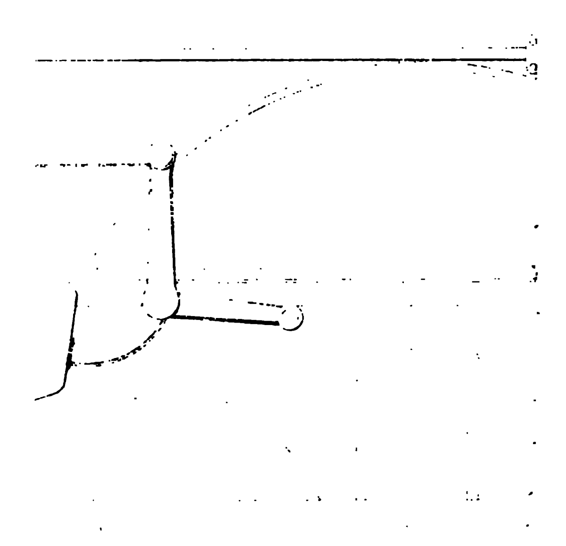
PL.10

7

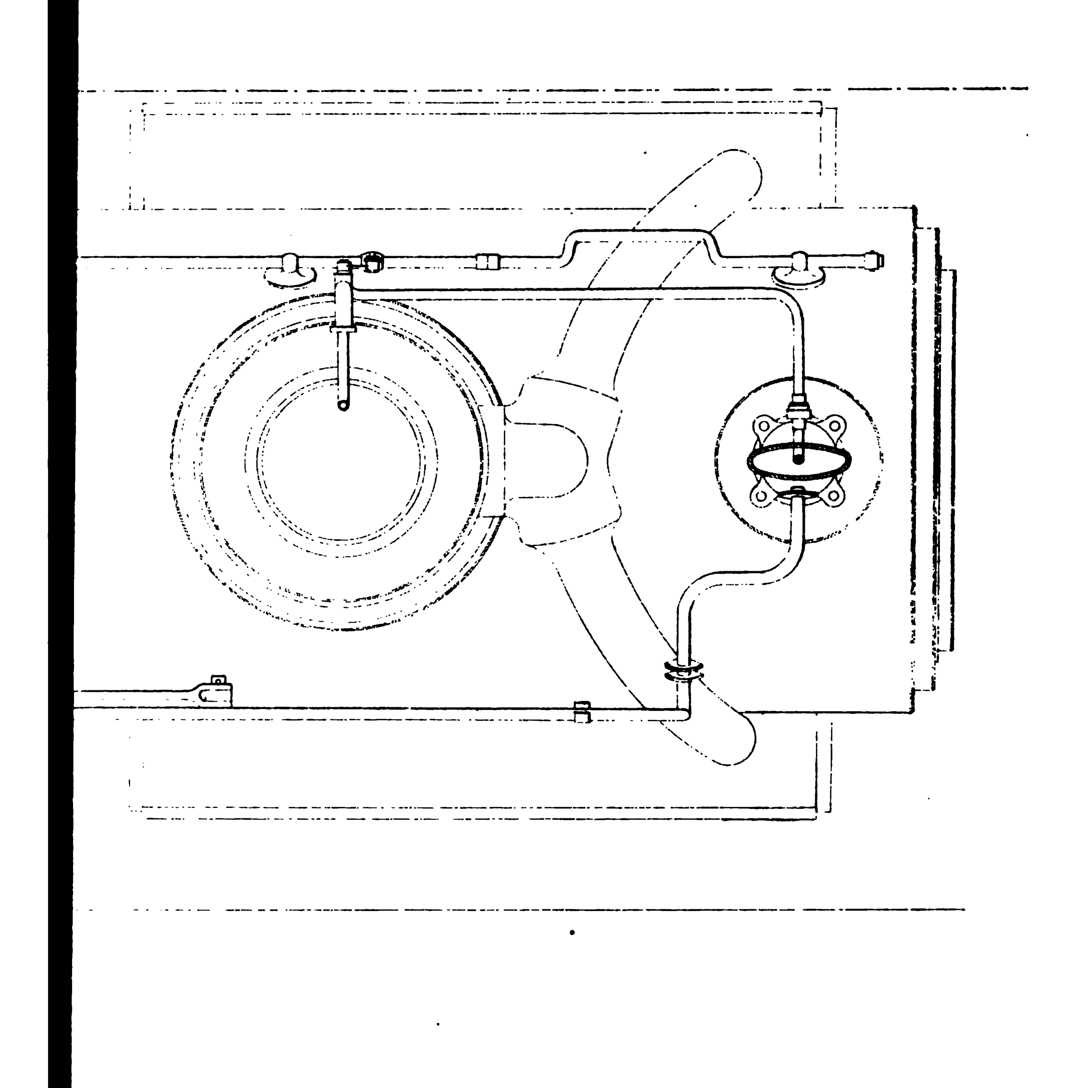
Appareil à Contre-Vapeur



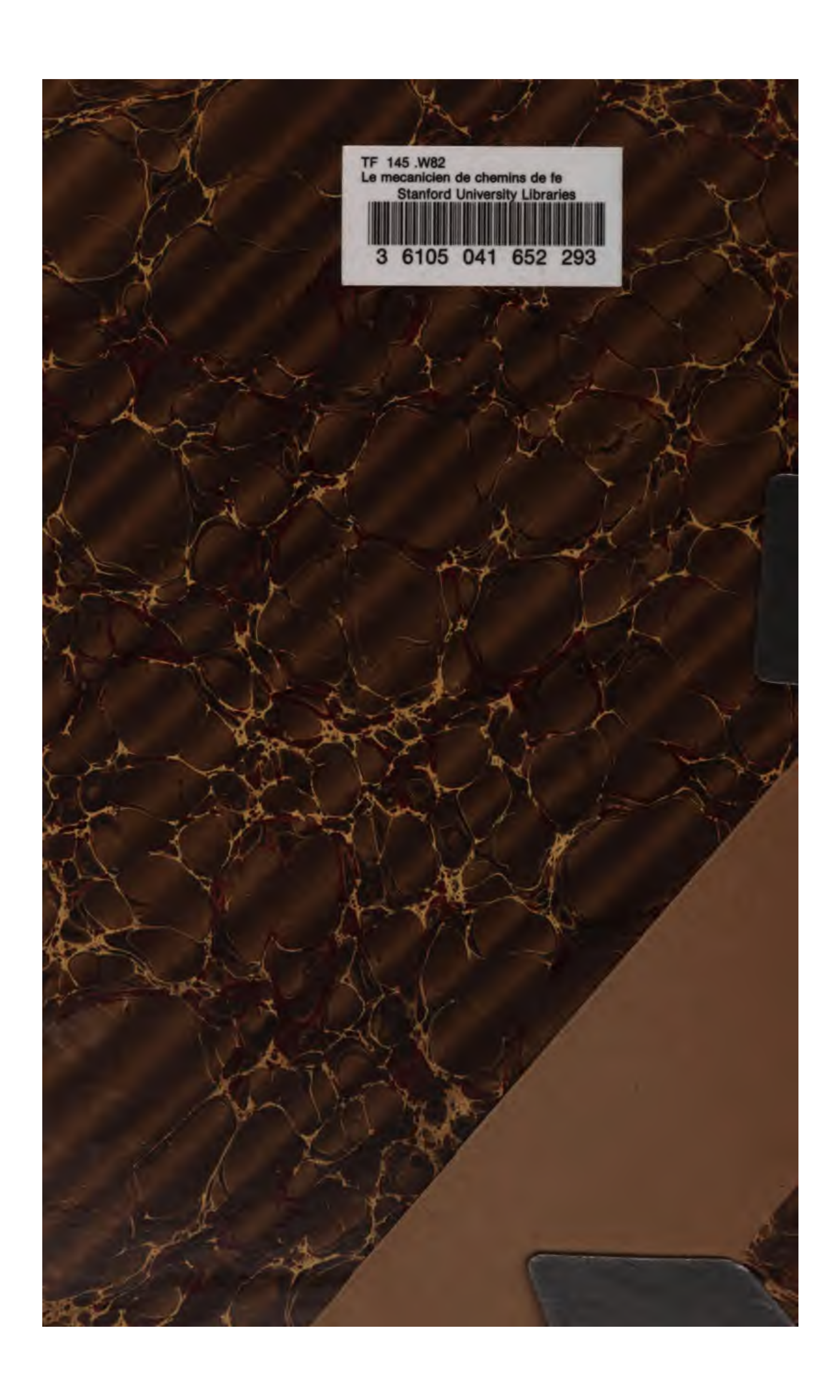

Dôme de Vapeur



PL. 13.






TF 145 .W82
Le mecanicien de chemins de fe
Stanford University Libraries
3 6105 041 652 293

